

# Fältutvärdering av pannor och brännare för rörlenseldning

Susanne Paulrud, Lennart Gustavsson, Hans Schmidt

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



# Fältutvärdering av pannor och brännare för röflenseldning

Susanne Paulrud, Lennart Gustavsson, Hans Schmidt

## Abstract

There is currently quite a lot of knowledge about reed canary grass and its fuel properties, but there are few studies that have verified boilers on the market in the smaller and medium-scale segment that works with reed canary grass as fuel today. The aim of this project was to contribute to that a number of combustion equipment with verified proper operation with reed canary grass as a fuel is available on the market. Reed canary grass and other new fuels will thus be better able to compete with established fuels. The goal of the project was in collaboration with five equipment vendors implement function tests during one to two weeks with reed canary grass in boilers and burners that are considered to have the potential to work with ash-rich straw fuels.

The following boilers / burners have been tested in the project:

- Danish Reka Boiler
- Swiss-UTWS Schmid Boiler
- Danish Linka Boiler
- Danish Bioflow Boiler
- Finnish Veto Burner

Key words: reed canary grass, boiler, emissions, ash

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport :2013:46  
ISBN 978-91-87461-34-7  
ISSN 0284-5172  
Borås

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>4</b>
<b>Förord</b>	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>6</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Syfte och mål	7
<b>2 Rörflen som bränsle</b>	<b>8</b>
2.1 Balar och briketter	9
<b>3 Material och metod</b>	<b>9</b>
3.1 Rörflen	9
3.2 Bränsleanalyser	10
3.3 Rökgasanalyser	10
3.4 Förbränningsförsök	10
<b>4 Resultat</b>	<b>11</b>
4.1 Bränsleanalyser	11
4.2 Testade pannor	11
4.2.1 Reka (HKRST)	11
4.2.2 Schmid UTSW	12
4.2.3 Linka	13
4.2.4 Faust Bio-Flow	14
4.2.5 Veto	15
4.3 Kontaktuppgifter testade pannor	16
4.4 Emissioner	17
4.5 Aska och driftproblem	18
4.6 Tidigare testade pannor med rörflen	19
4.6.1 Beskrivning av pannan	19
<b>5 Slutsatser och rekommendationer</b>	<b>20</b>
<b>6 Referenser</b>	<b>22</b>

## Förord

Projektet har finansierats av Energimyndighetens Bränsleprogram "Omvandling". Därtill har medverkande aktörer Hjo Värmeteknik, Schmid AG – energy solutions, LINKA A/S, Faust, Ala Talkkari samt SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) bidragit med egen tid. Inom projektet har även ett häfte tagits fram som mer riktar sig mot potentiella användare av rörflén. Häftet heter "Rörflén som bränsle-Testade pannor och rekommendationer" och kan laddas ner på [www.sp.se](http://www.sp.se).

Projektet har haft en referensgrupp där följande personer har ingått:

Erik Hedar, Energimyndigheten  
Göran Winkler, Ving Bioenergi  
Olof Arkelöv, KanEnergi  
Sven-Erik Wiklund, Rejlers Ingenjörer AB

Vi vill tacka deltagare och finansiär som har bidragit till att projekten har gått att genomföra.

Susanne Paulrud & Lennart Gustavsson  
SP Borås, november 2013.

## Sammanfattning

Rörflen är ett flerårigt gräs som kan användas som energigröda. Förbränningstekniskt har rörflen besvärligare egenskaper än träbränslen. I första hand är det den höga askhalten som måste hanteras. Denna kan variera mellan 3 och 10 %. Det finns idag relativt mycket kunskap om rörflen och dess bränsleegenskaper men det finns få studier som har verifierat vilka pannor på marknaden i det mindre och mellanskaliga segmentet som fungerar med rörflen som bränsle idag. På sikt kommer troligen efterfrågan på biobränsle att öka och då är det viktigt att det finns driftsäkra och effektiva förbränningsanläggningar att tillgå även för bränslen som rörflen.

Syftet med projektet har varit att bidra till att ett flertal förbränningsutrustningar med verifierad god funktion med rörflen som bränsle finns tillgängliga på marknaden. Rörflen och liknande nya bränslen skall därmed bättre kunna konkurrera med etablerade bränslen. Målet med projektet har varit att i samarbete med fem utrustningsleverantörer genomföra funktionstester under en till två veckor med rörflen i pannor och brännare som bedöms ha potential att fungera med askrika stråbränslen.

Följande pannor/brännare har testats i projektet:

- Dansk Rekapanna
- Schweizisk UTWS Schmid panna
- Dansk Linka panna
- Dansk Bioflow panna
- Finsk Vetobrännare

Bränslet har levererats i form av briketter till fyra av pannorna och som balar till en panna, för sönderdelning i riv innan pannen. Rörflenet har haft en askhalt mellan 7-10 %. Ett test har utförts med rörflen med låg askhalt (3 %).

Försöken har utförts hos tillverkaren/återförsäljaren. Bränslet har levererats till pannen och användaren/tillverkaren har ansvarat för att starta upp pannen på det nya bränslet samt ansvarat för driften och kontrollen av pannen (förmåga att hantera aska t.ex. automatisk askhantering, eventuell sintringsbenägenhet) samt noterat ev avvikelser. Pannan har eldats ett par dagar med rörflen innan en mätning har genomförts. I samband med mätningarna har SP under två dagar utvärderat anläggningens utsläpp av CO, stoft och kväveoxider dels oförbränthalten i askan. Efter mätningen har pannen fortsatt att eldas med rörflen ytterligare ett par dagar. Varje testad panna har eldats med rörflen mellan en till två veckor med undantag av pannen i Schweiz där testet utfördes under 3-4 dagar pga av transportkostnaden av bränslet då pannen var relativt stor (550 kW).

Resultatet från testerna i det är projektet visar att tre pannor bedöms klara rörflen med en askhalt upp till 8 %. Dessa pannor är en dansk Rekapanna, en schweizisk Schmid UTWS och en dansk Linkapanna varav Linkapanna är för riven rörflen. Även Rekapannan som testades med briketter är anpassad för att kunna använda riven/hackad stråmaterial. De övriga testade pannorna bedöms klara rörflen med en lägre askhalt (<5%).

# 1 Inledning

Rörflen (*Phalaris arundinacea*) är en flerårigt gräs som kan användas som energigröda. Grödan bedöms ha bra förutsättningar att odlas i både norra och södra Sverige för användning i närvärmeanläggningar och mindre fjärrvärmeanläggningar (Paulrud m.fl., 2009). Principiellt kan rörflen eldas både i riven, lös form och i kompakterad form som briketter. Den senare formen bedöms ha störst potential som bränsle i relativt små förbränningsanläggningar. En lösning som har prövats på flera håll är småskalig brikettering för senare förbränning i mindre gårds-, fastighets- och närvärmecentraler. Rörflen har också potential att användas som oförädlat i halmpannor, antingen i storbalspannor där balarna eldas hela eller i anläggningar med tillhörande balbana där en riv sönderdelar balarna innan pannan. Ett tredje alternativ är att mixa med träbränsle för användning i större värmeverk.

Odlingen och användningen av rörflen har hittills varit blygsam. Idag finns ca 800 ha rörflen varav mer än hälften finns i norra Sverige. Anledningen till att rörflen inte har ökat i större omfattning är att rörflen de senaste åren haft svårt att konkurrera med träbränslena. Förbränningstekniskt har rörflen dessutom besvärligare egenskaper än träbränslen. I första hand är det den höga askhalten som måste hanteras. Denna kan variera mellan 3 och 10 % (Paulrud & Nilsson, 2001) beroende på vilka jordar den odlats på. Det är avsevärt högre halter än t.ex. för träbriketter (ca 0,5 %) och även än för skogsbränsle (3-5 %). Avsevärt större askmängder per tidsenhet måste alltså föras ut ur pannan än för träbränslen. Askan har också en annan struktur är träaska, är voluminös och bygger lätt upp strukturer som håller samman och inte självmant faller ned i t.ex. askskruvar etc. Även detta ställer för en störningsfri kontinuerlig drift speciella krav på pannutformningen, vilket gör den dyrare än pannor för enbart träbränsle.

Det finns idag relativt mycket kunskap om rörflen och dess bränsleegenskaper (Paulrud m.fl., 2009) (Paulrud & Nilsson, 2001), (Larsson m.fl. 2006) men det finns få studier som har verifierat vilka pannor på marknaden i det mindre och mellanskaliga segmentet som fungerar med rörflen som bränsle idag. På sikt kommer troligen efterfrågan på biobränsle att öka och då är det viktigt att det finns driftsäkra och effektiva förbränningsanläggningar att tillgå även för bränslen som rörflen.

I en förstudie som utfördes av SP under 2010 inventerades och så långt möjligt värderades tillgänglig utrustning på den nordiska och europeiska marknaden för förbränning av rörflen i briketterad eller riven form i effekten 50 kW-1 MW (Gustavsson & Paulrud, 2011). Nio produkter bedömdes ha potential att fungera med rörflen. Föreliggande studie har djupare utvärderat fem av dessa pannor genom praktiska tester hos tillverkaren.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med projektet är att verksamt bidra till att ett flertal förbränningsutrustningar med verifierad god funktion med rörflen som bränsle finns tillgängliga på marknaden. Rörflen och liknande nya bränslen skall därmed bättre kunna konkurrera med etablerade bränslen. Målet med projektet är att i samarbete med fem utrustningsleverantörer genomföra funktionstester under en till två veckor med rörflen i pannor och brännare som bedöms ha potential att fungera med askrika stråbränslen. Testerna görs med briketter av lågaskhaltigt rörflen, högaskhaltigt rörflen och hackad/riven rörflen.

## 2 Rörflen som bränsle

Rörflens bränsleegenskaper skiljer sig från träbränsle. I första hand är det en högre askhalt som måste hanteras. Denna kan variera mellan 3 och 10 % beroende på vilka jordar den odlats på. Lägst askhalt erhålls på lätta mullrika jordar medan mycket styv lera ger de högsta halterna. Det är avsevärt högre halter jämfört med t.ex. för träbriketter (ca 0,5 %) och skogsbränsle (2-3 %) (tabell 1). På grund av den högre askhalten har rörflen något lägre värmevärde än träbränslen vilket gör att effektuttaget blir något lägre i pannan. Jämfört med träbränsle har rörflen högre halter av kväve och svavel, vilket ger högre kvävedioxidemissioner och svaveldioxidemissioner (tabell 1). Jämfört med halm har rörflen högre asksmälttemperatur och sintring av bottenaska är sällan ett problem.

Tabell 1. Visar exempel på bränsledata för rörflen i jämförelse med träbränsle och råghalm

	Rörflen	Träbriketter (stamved)	Råghalm
På torrt prov			
Effektivt värmevärde MWh/ton ts	4,9	5,3	5,0
Aska, vikt-%	6	0,3	2,4
Klor, Cl, vikt-%	0,04	0,01	0,06
Svavel, S, vikt-%	0,07	<0,01	0,06
Kol, C, vikt-%	46,6	50,3	48,7
Väte, H, vikt-%	5,8	6,2	6
Kväve, N, vikt-%	0,48	<0,05	0,57
Syre, O, (diff) vikt-%	41,1	43,2	42



Figur 1. Grön sommarrörflen, slåtter av rörflen på hösten samt hackad torr rörflen.



## 2.1 Balar och briketter

Beroende på användningsområde och transportavstånd kan rörflen pressas till rundbalar, fyrkantbalar eller fälthackas och direktlastas i vagn. Den vanligaste hanteringen idag är i form av balar då de är lättare att lagra. Balarna måste lagras så att återfuktning minimeras då fuktig råvara ökar risken för driftproblem hos användaren.

Transport och hantering av rörflen kan underlättas genom förädling av råvaran. De vanligaste metoderna för bibränsleförädling är pelletering och brikettering. Pellets har tack vare sin höga densitet och energitäthet och möjlighet till automatiserad förbränning blivit den mest populära förädlingsformen för träbränslen i mindre förbränningsanläggningar. Den vanligaste formen av förädling med rörflen har dock hittills varit brikettering. Brikettering är något mindre känsligt mot variationer i fysikaliska egenskaper hos bränslet och är också en process som kräver mindre energi och som genom sin enklare process bättre lämpar sig för producentnära förädling (hos odlaren). Fram till idag är det i huvudsak två företag som har producerat briketter från rörflen till bränsle, Låtra Gård Bioprodukter och Glommers Miljöenergi. Dessa företag har valt att använda sig av två olika briketteringstekniker: skruppresstekniken resp. kolvpresstekniken.



Figur 2. Kolvpressteknik och skruppressteknik för brikettering av rörflen.

Rörflensbalarna kan även användas direkt i speciella stråbränsleanläggningar som hanterar balar på samma sätt som halm. Effektivast förbränning fås i kontinuerligt matade halmpannor med tillhörande balbana och riv. Om transportavstånden är korta kan direkt användning av balar vara att föredra då lönsamheten vid förädling av rörflen hittills varit något svag (Förädlat bibränsle från åkern-från frö till färdig värme, 2013).

## 3 Material och metod

### 3.1 Rörflen

Rörflensbriketterna som användes vid förbränningsförsöken var tillverkade av Låtra Gård Bioprodukter (Låtra) i 3 st Bogma V40 svängkolvpressar som ger en brikett med en diameter på 40 mm. Ett försök gjordes med briketter tillverkade av Glommers Miljöenergi (GME) i en skruppress som ger en brikett med en diameter på 70 mm med ett hål i mitten. Ett test har även utförts med hackad rörflen levererat som balar för sönderdelning innan pannan. Balarna har levererats av Låtra Gård.

Rörflenet från Låttträ Gård hade en askhalt på mellan 7-9 % och rörflenet från Glommers Miljö & Energi en askhalt på ca 2-4 %. Skillnaden i askhalt beror på vilken jordart rörflenet odlats på.

### 3.2 Bränsleanalyser

Bränsleanalyser och askanalyser gjordes vid SP:s bränslelaboratorium enligt de metoder som visas i tabell 2.

Tabell 2. Metoder för bränsleanalyserna.

Bränsleanalys	Metod
Total fukt:	CEN/TS 14774-2
Aska:	CEN/TS 14775
Svavel:	CEN/TS 15289 (svavelanalysator)
Klor:	CEN/TS 15289 A (jonkromatografi)
Kol, väte, kväve:	CEN/TS 15104
Syre:	Beräknat som differens
Värmevärde:	CEN/TS 14918 (likvärdig med ISO 1928)
Huvudelement: - Al, Si, Fe, Mn, Ti, Ca, Mg, Ba, Na, - K, P	mod. ASTM D 3682 (ICP-OES)
Askanalys, halt oförbränt.	Oförbränt som glödförlust (askprov): SP 0515 (glödförlust vid 550)

### 3.3 Rökgasanalyser

De komponenter i rökgasen som har analyserats under förbränningstesterna är NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, och stoft. Mätningarna gjordes kontinuerligt och värdena avläses varje sekund. För instrumenten gäller följande principer och instrumenttyp ;

NO<sub>x</sub>, kemiluminiscens, typ Eco Physics CLD 700 EL-HT

- CO, CO<sub>2</sub> IR, typ BINOS100
- O<sub>2</sub>-Paramagnetism, typ M&C PMA 10

Stoftemissionerna har bestämts genom uppsamlingsprov på filter med isokinetisk provtagning. Två till tre prover av stoft har tagits ut i rågasen. Varje stoftprov har tagits ut under ca 45-60 minuter.

### 3.4 Förbränningsförsök

Fem olika pannor/brännare har testats i projektet:

- Dansk Rekapanna
- Schweizisk UTWS Schmid panna
- Dansk Linka panna
- Dansk Bioflow panna
- Finsk Vetobrännare

Utifrån rörflens bränsledata och diskussion med SP har tillverkaren först gjort en bedömning om de anser att rörflen med hög askhalt bör fungera i pannan.

Försöken har sedan utförts hos tillverkaren/återförsäljaren. Bränslet har levererats till pannan och användaren/tillverkaren har ansvarat för att starta upp pannan på det nya bränslet samt ansvarat för driften och kontrollen av pannan (förmåga att hantera aska t.ex. automatisk askhantering, eventuell sintringsbenägenhet) samt noterar ev avvikelser. Pannan har eldats ett par dagar med rörflen innan en mätning har genomförts. I samband med mätningarna har SP under två dagar utvärderat anläggningens utsläpp av CO, stoft och kväveoxider dels oförbränthalten i askan. Efter mätningen har pannan fortsatt att eldas med rörflen ytterligare ett par dagar. Varje testad panna har eldats med rörflen mellan en till två veckor med undantag av pannan i Schweiz där testet utfördes under 3-4 dagar pga av transportkostnaden av bränslet då pannan var relativt stor (550 kW).

## 4 Resultat

### 4.1 Bränsleanalyser

Resultaten från bränsleanalyserna för de olika råvarorna som användes vid förbränningsförsöken visas i tabell 3.

Tabell 3. Bränsleanalyser för briketter av rörflen från olika jordarter.

	Rörflensbriketter GME	Rörflensbriketter Låtra
Effektivt värmevärde MJ/kg	16,86	14,99
Fukthalt (%)	13	11
Askhalt (vikts-% ts)	2,4	7,7
Svavel, S (vikts-% ts)	0,1	0,09
Kol, C (vikts-% ts)	48	45,8
Väte, H (vikts-% ts)	6,1	5,8
Syre, O (diff) (vikts-% ts)	42	39,8
Kväve (vikts-% ts)	1	0,8

Under förbränningsproven togs även prover för analys av askhalten vilket visade att denna varierade mellan 5,6-10,8 % på Låtra-briketterna. Anledningen till denna variation beror på att jordarten på den odlade arealen kan variera från sandjord till lerjord inom ett och samma fält.

### 4.2 Testade pannor

Inom detta projekt har fem olika pannor testats under minst 1 vecka hos tillverkarna.

#### 4.2.1 Reka (HKRST)

Reka (HKRST) är en dansk allbränslepanna med rörligt roster som kan elda bränsle med en maximal fukthalt på 30 %. Modellen finns från 20 kW till 3500 kW. Pannfundamentet har ett av världens minsta inbyggda rörliga trappstegsroster. Detta gör att askrika bränslen kan eldas även i den minsta modellen. Eldstaden är relativt rymlig och fodrad med eldfast material i sidor och topp. Primärluften tillsätts underifrån och sekundärluften tillsätts via ett rör på sidorna. Askkan matas ut av en automatisk askskruv. Alla parametrar såsom inmatning, roster, askskruv och luftfördelning kan styras oberoende av varandra. Pannan har liggande tuber och automatisk sotning finns som tillval. Pannan kan använda alla sortiment av bränslen som briketter, hackat eller balar som sönderdelas innan pannan. Från 100 kW och uppåt kan pannan kompletteras med en förbehandlings-/doseringsdel och en halmklipp. Det finns ett flertal anläggningar i drift i Sverige som använder hackad halm, hästgödsel eller andra rester och grödor från jordbruket idag. Återförsäljare för pannan i Sverige är Hjo värmeteknik.



Figur 3. Rekapanna sedd bakifrån. Riv för sönderdelning av balar.

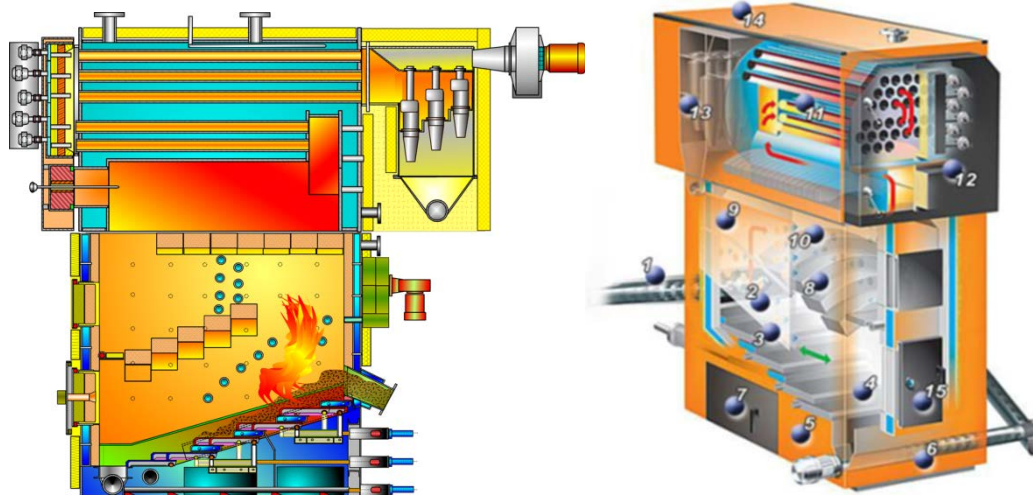
### Tester med röflensbriketter

Under en fyraveckors period har två sorters röflens testats, ett röflens med en askhalt på ca 3 % och ett röflens med en askhalt på ca 7 %. Totalt har tre ton röflens eldats. Hjo värmeteknik har ansvarat för att ställa in driftparametrar och anpassa tekniken till bränslets kvalitet. SP har ansvarat för mätningar, analyser och kontroll av drift.

Under försöksperioden har inga driftstopp förekommit. Mätningar visade att förbränningen var stabil med låga emissioner. Bedömningen är att en Rekapanna uppfyller de krav som röflens med en askhalt på 7 % ställer vad gäller rörligt roster, luftfördelning, uppehållstid, askutmatning och styrning. Pannan klarade stoftvärdet på  $100 \text{ mg/nm}^3$  (13 %  $\text{CO}_2$ ) utan cyklon. Uppehållstiden var tillräckligt lång och askan visade låga halter oförbränt (< 5 %).

## 4.2.2 Schmid UTSW

Schmid UTSW är en schweizisk panna för torra askrika bränslen. Modellen finns från 300 kW till 2400 kW. Pannan består av en rörlig roster som är vattenkyld. Hela förbränningsutrymmet består av eldfast material och är vattenkyld. Rostret är utformat för att ge en jämn fördelning av primärluften i alla förbränningszoner. Primärluften tillsätts underifrån och sekundärluften från sidan i två steg vilket förbättrar utbränningen av gaserna. Askan matas till en tvärgående automatisk askskruv. En askskrapa under rostret kan fås som tillval för automatisk rengöring. Pannan har en inbyggd cyklon för rening av rökgaser med automatisk utmatning. Alla parametrar såsom inmatning, roster, askskruv och luftfördelning kan styras oberoende av varandra. Pannan har liggande tuber och automatisk sotning finns som tillval. Pannan är lämplig för askrika briketter men ej anpassad eller testad för hackat stråmaterial. Det finns ingen återförsäljare av pannan i Sverige. Närmsta återförsäljare finns i Norge och Finland.



Figur 4. Principskiss av en Schmid UTSW.

### Tester med rörlensbriketter

Under 3-4 dagar har rörlensbriketter med en askhalt på ca 7-8 % eldats i en Schmid UTSW på 550 kW hos Schmid i Schweiz. Totalt har ca 10 ton rörlens eldats. Schmid har ansvarat för att ställa in driftparametrar och anpassa tekniken till bränslets kvalitet. SP har ansvarat för att kontrollera mätningarna, askanalyser och kontroll av driften. Under försöksperioden har inga driftstopp förekommit. Mätningar visade att förbränningen var stabil med mycket låga emissioner. Bedömningen är att en UTSW panna uppfyller de krav som rörlensbriketter med en askhalt på 7 % ställer vad gäller rörligt roster, luftfördelning, uppehållstid, askutmatning och styrning. Pannan klarade stoftvärdet på  $100 \text{ mg/nm}^3$  (13 %  $\text{CO}_2$ ) med inbyggd cyklon med god marginal. Upphållstiden kunde vara något längre då askan visade oförbränt halter upp till 9 %. Tillverkaren rekommenderar att ev. gå upp en effektstorlek för att minska oförbränthalten.

### 4.2.3 Linka

Linkapannan är en dansk cylindrisk rökrörspanna konstruerad för halmeldning, som finns i effekten 60-1500 kW. Förbränningsugnen är vattenkyld och har ett rörligt trapproster för att minska slaggrisen. Förvärmad luft tillförs via sidorna och ovanifrån. En askskruv av rostfritt stål transporterar askan till askcontainern. Pannan har automatisk sotning av tuberna med hjälp av tryckluft. Parametrarna i styrsystemet kan styras oberoende av varandra. Till pannan finns en utvecklad halmriv och balbana. Förutom halm har bränslen som Miscanthus, rishalm och hö testats i pannan. Det finns ett flertal anläggningar i drift i Sverige som använder stråbränslen idag.



Figur 5. En Linka balbana innan riv och rostret på en Linkapanna.

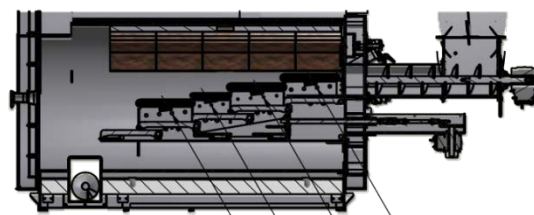
### Tester med röflensbalar

Förbränningstester med röflensbalar i en Linka på 400 kW har utförts hos Linka i Danmark. Under 1-2 veckor har röflen med en askhalt på ca 7-8 % eldats. Ytterligare ett test på ca 4 dagar med röflensbalar har utförts i en panna på 1000 kW. Anläggningarna har en automatisk balbana med riv för sönderdelning före inmatning i pannan. Totalt har ca 16 ton röflen testats i de två anläggningarna. Linka har ansvarat för att ställa in driftparametrar och anpassa tekniken till bränslets kvalitet. SP har ansvarat för mätningar, analyser och kontroll av drift.

Under försöksperioden har inga driftstopp förekommit orsakat av förbränningen. Vissa problem har uppstått i övergången från halmriven till inmatningsskruven i den större pannan då utrustningen är anpassad för halm och strållängden på röflen kan orsaka valvning. Mätningar visade att förbränningen var stabil med bra CO-värden. Bedömningen är att en Linkapanna uppfyller de krav som röflen med en askhalt på 7 % ställer vad gäller rörligt roster, luftfördelning, uppehållstid, askutmatning och styrning. Pannan klarade stoftvärde på  $350 \text{ mg/nm}^3$  (13 %  $\text{CO}_2$ ) efter cyklon men ej under  $100 \text{ mg/nm}^3$ . Halt oförbränt i askan låg under 5 %.

### 4.2.4 Faust Bio-Flow

Faust Bio-Flow II Heavy Duty är en dansk panna som utvecklats för att förbränna ett brett sortiment av bränslen som t.ex. pellets, flis, spannmål, spån, halm mm. Modellen finns från 20 kW till 1500 kW. Brännaren har rörligt trapprost. Trappornas antal varierar mellan de olika modellerna. Vartannat trappsteg är rörligt. Pannan har vågrätt liggande konvektionstuber som rengörs automatiskt med tryckluftpulser. Den automatiska tryckluftssotningen ingår i standardpaketet. Pannan har en relativt lång förbränningszon och lång uppehållstid för lågan i förbränningszonen. Eldstaden är fodrad med eldfast material i sidor och topp. Luft tillsätts enbart från sidorna och ej underifrån. Askans matas till en tvärgående automatisk askskruv.



Figur 6. En Faust Bio-Flow sedd bakifrån och en principskiss sedd från sidan.

### Tester med röflensbriketter

Förbränningstester med röflensbriketter har utförts i en Bio-Flow på 200 kW hos Faust i Danmark. Under en vecka har röflensbriketter med en askhalt på >8 % eldats. Totalt har ca 10 ton röflensbriketter eldats. Faust har ansvarat för att ställa in driftparametrar och anpassa tekniken till bränslets kvalitet. SP har ansvarat för mätningar, analyser och kontroll av drift.

Efter inställning och anpassning till bränslets kvalitet har inga driftstopp förekommit. Vid kontroll av förbränningen kunde man dock konstatera att lufttillförseln ej är tillräcklig för att få rotation på lågan, vilket gjorde att bränslet ej blev tillräckligt utbränt och halten oförbränt blev hög. Bränsleanalysen visade att just detta parti rörflen hade en något högre askhalt än vid de övriga testerna, närmare 10 %, vilket ytterligare försvårade utbränningen. Enligt tillverkaren kan utbränningen förmodligen förbättras genom att minska diametern på luftdysorna så att lufttrycket ökar i askbädden.

Även mätningarna visade att CO-värdena var relativt höga. Pannan klarade ej stoftvärdet på  $100 \text{ mg/nm}^3$  (13 %  $\text{CO}_2$ ) efter cyklon. I nuvarande utförande är pannan ej lämplig för rörflen med en askhalt  $>7$  %. Modifieringar och fler tester krävs för att säkerställa en problemfri drift. Eftersom pannan används till halm på marknaden så är bedömningen att den fungerar med rörflen med lägre askhalt  $< 5$  %.

#### 4.2.5 Veto

Veto är en finsk brännare som är utrustade med separat brännhuvud som monteras in i pannan. Med Veto-brännaren är det möjligt att elda olika bränslen, som trä, torv och energiväxter i lämplig bitstorlek. Brännarna är antingen luft- eller vattenkylda, med fast eller rörligt roster. Det rörliga rostret stabiliserar effekten och minskar slaggbildningen på brännhuvudet. Det är möjligt att byta ut roster och rörliga delar. Vetobrännaren finns i flera olika huvudutföranden från 20 till 990 kW. Rörligt roster finns på brännhuvud från 120 kW. Askan matas till tvärgående automatiska askskruvar. Alla parametrar såsom inmatning, roster, askskruv och luftfördelning kan styras oberoende av varandra. Pannan har liggande tuber och automatisk sotning finns som tillval. Det finns ett flertal anläggningar i drift i Sverige.



Figur 7. Veto brännhuvud med rörligt roster samt testanläggning i Finland.

#### Tester med rörlensbriketter

Förbränningstester med rörlensbriketter har utförts i en Vetobrännare med rörligt roster på 640 kW ansluten till en panna på 500 kW hos Ala Talkkari i Finland. Under ca två veckor har rörlensbriketter med en askhalt på 7-8 % eldats. Totalt har ca 30 ton

rörlensbriketter eldats. Ala Talkkari har ansvarat för att ställa in driftparametrar och anpassa tekniken till bränslets kvalitet. SP har ansvarat för mätningar, analyser och kontroll av drift.

Efter inledande försök krävdes modifieringar av brännhuvudet då askan hade en tendens att bygga uppåt på rostret istället för att ramla ner på askskruven. Detta löstes genom att montera stavar på rostret för att riva isär askan. Rostret består av 16 element uppdelat på 4 rader (figur 7). Stavar (20-30 cm långa) monterades på de tre främre raderna, tot 12 st varav stavarna i den mittre raden var något längre. Efter modifiering har inga driftstopp förekommit. Vid kontroll och mätning kunde det konstateras att det bildades mycket stoft. Analys av stoftproverna visade senare på mycket höga värden. Även bottenaskan visade på ganska höga oförbränt halter. Enligt tillverkaren är den testade brännaren inte optimal för den här typen av askrika bränslen. Ett rörflen med lägre askhalt, 3-4 % bör dock fungera utan problem. Praktiska erfarenheter finns på Låtra Gård, före detta tillverkare och användare av rörflenbriketter, där man under ett par års tid har eldat rörflenbriketter i en 120 kW Vetobrännare. Skillnaden här är att brännaren är kopplad till en stor panna på 240 kW, vilket ger mer utrymme för både askan och gaserna.

### 4.3 Kontaktuppgifter testade pannor

#### Reka

Kontakt återförsäljare:  
Hjo Värmeteknik  
Dan Skavhellen  
Tel: 070-1450035  
E-post: dan@hjovarmeteknik.se  
www.hjovarmeteknik.se

#### Schmid UTSW

Kontakt:  
Schmid AG – energy solutions  
Markus Ulrich  
Tel: +41 78 698 90 22  
E-post: markus.ulrich@schmid-energy.ch  
www.schmid-energy.ch

Återförsäljare Norge  
Tangen Automasjon A/S  
94 16 10 10  
post@tangenautomasjon.no  
www.flisfyring.no

#### Linka

Kontakt :  
LIN-KA Energy A/S  
Erling Jensen  
Tel: +45 97341655  
E-post:  
www.linka.dk

#### Faust

Kontakt:  
Faust  
Lars Bjørn Hansen  
Tel: +45 40 29 00 29  
E-post: lbh@faust.dk  
[www.faust.dk](http://www.faust.dk)



## Veto

Kontakt:  
Ala Talkkari  
Hannu Ala-Talkkari  
Tel: +358 (0)6 433 6333  
E-post: hannu.ala-talkkari@ala-talkkari.fi  
www.ala-talkkari.fi

Kontakt Sverige  
Lt Energiteknik  
Kimmo Virtanen  
010-4924001  
kimmo@energiteknik.net  
www.energiteknik.net

## 4.4 Emissioner

För att få en god förbränning med låga emissioner och en störningsfri drift krävs en kombination av tillräckligt hög förbränningstemperatur, tilläcligt lång uppehållstid för bränsle och gaser i pannan samt en god omblandning, dvs en bra lufttillförsel. Hur väl detta uppnås beror på bränslets kvalitet samt hur väl pannan är designad för den använda bränslekvaliteten.

I tabell 4 visas resultatet från emissionsmätningarna från de tre pannor som bedöms fungera med rörflen som bränsle och som uppfyller kravet på hög förbränningstemperatur, lång uppehållstid samt en god omblandning.

Vid förbränningsförsöken valde alla testanläggningar att ställa in O<sub>2</sub>- halten på runt 9 %. Med en hög askhalt och stor askbädd krävs ofta ett något högre luftöverskott för att uppnå en bra utbränning. Kolmonoxid, CO, är ett mått på hur bra förbränningsgaserna brinner ut. CO påverkas bl.a. av temperaturen och omblandningen, dvs. luftfördelningen. Eftersom rörflen är ett torrt bränsle med relativt mycket fint material är höga CO-emissioner sällan ett problem vid förbränning av rörflen. Ingen av de testade pannorna uppvisade höga CO-värden. Erfarenheter visar dock att CO-spikar lätt kan uppstå om omrörningen i askbädden blir för kraftig. Detta kan uppstå om t.ex. rostret har för långa gångtider.

Jämfört med träbränsle har rörflen avsevärt högre halt kväve i bränslet vilket resulterar i 3-4 gånger högre NO<sub>x</sub>-halter. NO<sub>x</sub>-halten låg relativt lika för alla testade pannor.

Störst variation mellan de testade pannorna uppvisade stofthalten. Stofthalten påverkas bl.a av fraktionsfördelningen på bränslet exempelvis andelen finfraktion; material kan flyga iväg från eldstaden och ge otillräcklig uppehållstid och dålig utbränning. Stofthalten kan även påverkas av uppehållstiden, att partiklarna hinner brinna ut i eldstaden samt hur undertrycket är ställt dvs om mycket partiklar dras med rökgaserna ut.

För de två pannor som bedömdes klara rörflenbriketter med hög askhalt låg stoftvärden under 100 mg/Nm<sup>3</sup> (7 % O<sub>2</sub>) som är Naturvårdsverkets allmänna råd på stoftkrav. Vid förbränning av oförädlat stråbränsle är det svårare att få låga stoftvärden med enbart cyklonrening då finfraktion lätt flyger iväg i eldstaden. För att klara värden under 100 mg/Nm<sup>3</sup> (7 % O<sub>2</sub>) krävs en annan reningsteknik såsom textfilter. Vid förbränning av riven rörflen låg stofthalten på ca 250 mg/Nm<sup>3</sup>(10 % O<sub>2</sub>).

Tabell 4. Variation i medelvärde vid test med rörflen med hög och låg askhalt.

	O <sub>2</sub> %	CO mg/nm <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/nm <sup>3</sup>	Stoft mg/nm <sup>3</sup> 10 %
<b>Rörflen, hög askhalt (7-8 %)</b>	9	20-300	350-400	40-250
<b>Rörflen låg askhalt (3 %)</b>	9	190	330	50

## 4.5 Aska och driftproblem

Den stora skillnaden mellan rörflen och träbränsle är den högre askhalten. Beroende på jordart kan rörflen uppnå askhalter från 3 % till 10 %. Det är få pannor på marknaden idag som klarar 10 % askhalt vid användning av rörflen som ensamt bränsle, dvs inte blandat med annat biobränsle. Även för de pannor som bedöms klara hög askhalt i detta projekt kommer driftkostnaden bli hög vid 10 % askhalt pga av stort slitage på skruvar mm samt mer frekvent rengöring etc. Vid val av panna bör man därför veta vilken askhalt som är aktuell på det rörflen som ska användas.

Jämfört med träbränsleaska har rörflensaskan en annan struktur, då den är voluminös och bygger lätt upp strukturer som håller samman och inte självmant faller ned i t.ex. askskruvar. Detta kräver en eldstad med rörligt roster och automatisk askutmatning. Genom att askan håller samman i porösa strukturer krävs att rostret är utformat för att ge en jämn fördelning av luften i alla förbränningszoner. En dålig luftfördelning ger upphov till svart aska med hög oförbränthalt. Primärluft bör tillsättas underifrån och sekundärluft från sidorna. Erfarenheter visar att rörflen behöver lång uppehållstid för att brinna ut. Eftersom askan samtidigt är voluminös, gäller det att hitta en balans där askvolymerna i pannan inte blir för stora och att askutmatningen inte blir för snabb med höga oförbränthalter som resultat. För att hitta rätt balans ställer det krav på att styrsystemet kan ställa in alla parametrar oberoende av varandra. Det finns idag styrsystem där exempelvis inställning av rostrets rörelse hänger ihop med askskruvens utmatning av askan. Detta kan orsaka att askan matas ut för snabbt eller att askan bygger valv över skruven. En för snabb utmatning av askan orsakar lätt sönderbrända skruvar då askan fortsätter att glöda i skruvarna. Vid inställning bör korta regelbundna gång/paustider på rostret eftersträvas för att minska risken för CO-spikar, ökad stofthalt och valvning. Jämfört med träbränsle ökar dock den totala gångtiden på roster och skruvar 10-20 gånger. För att begränsa underhållet bör ett väl dimensionerat askkärl placeras utanför pannrummet. Att deponera aska kostar pengar och om möjligt kan återföring askan till åkern vara ett alternativ. Resultatet från testerna visar att den största svårigheten har varit att bränslet får tillräckligt lång uppehållstid i pannan för att brinna ut eller att lufttillförseln ej varit tillräcklig. Oavsett utformningen på eldstaden så blir det en stor voluminös askbädd av rörflen.

För de testade pannor som ej anses lämpade för rörflen med en askhalt på >5 % låg oförbränthalten i askan över 30 %. Vid en bra utbränning bör oförbränthalten ej överstiga 5 %.



Figur 8. Vål dimensionerat askkär för rörlensaska och automatsotning.

Utöver bottenaska ansamlas relativt mycket flygaska i konvektionsdelen. Jämfört med träbränslen krävs mer regelbunden sotning och rengöring, vilket ökar driftkostnaderna. Automatsotning är att föredra. Idag har de flesta panntillverkarna sotningssystem att erbjuda som standard eller som tillval även för de mindre pannorna.

## 4.6 Tidigare testade pannor med rörlflen

Den typ av panna som är mest beprövad med rörlflen idag är en tysk Ökotherm panna. Under 2001-2010 fanns två sådana pannor på Bränsletekniskt centrum vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Under denna period utfördes ett flertal tester förutom att pannorna användes för att värma upp lokalerna (Paulrud mfl 2001a,b, Larsson mfl, 2006).

Dessa erfarenheter resulterade i att Ulricehamnsföretaget Teem Combustion Group (TCG) investerade i en 800 kW Ökotherm panna som sommaren 2011 installerades i en värmecentral i Tystberga för användning av rörlflensbriketter, levererat av Låtra Gård. Installationen var en del i ett större demonstrationsprojekt som har pågått från 2010-2013 med syfte att utveckla en bränslekedja med rörlflen från frö till färdig värme (Förädlad biobränsle-från frö till färdig värme (2010-2013).

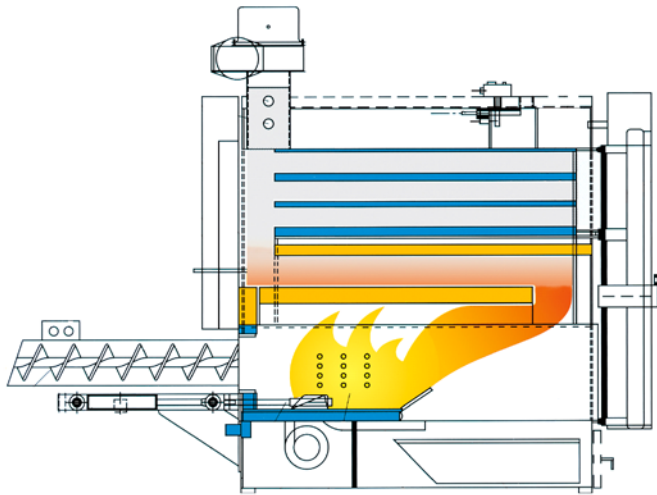
Trots tidigare erfarenheter har Ökothermpannan ej fungerat optimalt i levererat standardutförande. Anledningen är bl.a det styrsystem som följer med pannan som standard och ej tillåter separat styrning av alla parametrar. Detta har orsakat att askan har bildat valv i den bakre delen av pannan och orsakat stopp då askskrapan ej kunnat styras separat från skruven. Rörlflensaskan från Låtra Gård har dessutom visat sig ha högre askhalt än tidigare analyser visat vilket försvårat inställningen ytterligare.

Efter en långdragen process med den tyska leverantören har ett nytt styrsystem installerats under 2013. Ett tvåveckors test planerades därför med rörlflen hösten 2013 men efter 4 dagars körning uppstod problem med en läcka i pannan. Detta har tagit tid att åtgärda och det har därför inte kunnat verifieras hur väl pannan fungerar med rörlflen med det nya styrsystemet inom tiden för detta projekt.

### 4.6.1 Beskrivning av pannan

Ökotherm Compact-pannorna från A.P. Bioenergietechnik GmbH finns i storlekarna 49 – 800 kW. Pannorna har enligt tillverkaren utvecklats speciellt för askrika bränslen.

Pannorna är i princip uppbyggda på samma sätt, oberoende av storlek. Tillförsel av primär och sekundärluft skiljer något på de mindre pannorna < 80 kW. Figur 9 visar en principskiss av konstruktionen.



Figur 9. Principskiss av Ökotherm-pannorna.

Bränslet matas via en skruv in på den trågförmade rosten, se Figur 10. Rostens botten är vattenkyld för att hålla nere förbränningstemperaturen så att bl.a. slaggbildning kan undvikas. På botten finns en askskrapa som matar ned den slutförbrända askan i en asklåda. Beroende på typ av bränsle kan askskrapan kopplas på olika sätt, antingen kan skrapan gå i slag eller stegvis flyttas framåt. Frekvensen regleras utifrån bränsletyp. Det finns också en "slaggrivare" som ser till att påbörjad slaggbildning bryts ned innan askan faller ner i asklådan. Askan matas ut från asklådan till en yttre askbehållare med hjälp av en skruv som är tvärställd mot pannans längsriktning. Som tillval finns även möjlighet att koppla in en askskruv i pannans längdriktning som för askan mot den tvärgående askskruven. Denna utrustning används lämpligen vid mycket askrika bränslen som snabbt fyller asklådan såsom rörflen. I sidorna på rosten tillförs primärluft och sekundärluften. Tuberna i konvektionsdelen är liggande. Som tillval finns automatisk sotningsanordning (tryckluftssotning) för rengöring av tuberna (figur 8).



Figur 10. Bakre delen av Ökothermpannan med keramiskt valv .

## 5 Slutsatser och rekommendationer

Rörflen kan eldas både i riven, lös form och i kompakterad form som briketter. Briketter är den form som det idag finns mest erfarenhet kring vid användning av rörflen som ensamt bränsle då det är en form som bedömts ha störst potential som bränsle i relativt små förbränningsanläggningar. En trend med ökade spånpriser vid produktion av

träbriketter samt möjligheten att kunna transportera bränslet längre sträckor har resulterat i att flera satsningar och projekt har gjorts kring brikettering och användning av rörflen de senaste 3-4 åren. I detta projekt har därför fokus varit att testa pannor med briketter. En panna har dock testats med oförädlat rörflen.

Den största svårigheten med rörflen som bränsle är den höga askhalten som kan uppgå till 10 %. Rörflen med en så hög askhalt rekommenderas ej att användas som ensamt bränsle, dvs inte blandat med annat biobränsle, för att undvika höga drift och underhållskostnader samt problem i pannan.

Resultatet från testerna i det är projektet visar att tre pannor bedöms klara rörflen med en askhalt upp till 8 %. Dessa pannor är en dansk Rekapanna, en schweizisk Schmid UTSW och en dansk Linkapanna varav Linkapanna är för riven rörflen. Även Rekapannan som testades med briketter är anpassad för att kunna använda riven/hackad stråmaterial. De övriga testade pannorna bedöms klara rörflen med en lägre askhalt (<5%).

Erfarenheter från pågående demonstrationsprojekt kring rörflen visar att bränslepriserna för konkurrerande bränsle som träbriketter är lite för låga idag för att rörflensbriketter ska vara ett ekonomiskt alternativ. I dagsläget bör därför rörflen användas som oförädlat bränsle i vanliga halmpannor lokaliserat när råvaran.

För att lyckas med rörflen som bränsle rekommenderas följande:

- Gör en bränsleanalys för att kontrollera askhalten och värmevärdet på rörflenet som ska eldas. Askhalten kan variera mycket mellan olika fält beroende på jordart.
- Välj förbränningsteknik utifrån vilken fraktion som ska eldas; hackat, briketter eller pellets.
- Gör en testeldning med aktuell teknik före investeringen. Det krävs ett par dagars testeldning för att se ev. problem med askan.
- Välj teknik med relativt stor eldstadsvolym anpassad för höga askhalter med en bra luftfördelning samt ett styrsystem där inställningar av rostermatning och askutmatning är oberoende av varandra.
- Välj gärna automatsotning av tuber och en rejält tilltagen askcontainer för att hålla nere drift- och underhållskostnader.
- Räkna med högre drift och underhållskostnad jämfört med träbränsle.

## 6 Referenser

Förädlad biobränsle från åkern-från frö till färdig värme (pågående demonstrationsprojekt 2010-2013).

[http://www.bioenergiportalen.se/?p=5359&m=1368&page=rorflen\\_vingaker](http://www.bioenergiportalen.se/?p=5359&m=1368&page=rorflen_vingaker)

Lennart Gustavsson, Susanne Paulrud. 2011. Småskalig förbränning av rörflen – inventering och värdering av tillgänglig teknik. SP Veriges Tekniska Forskningsinstitut, Energiteknik, SP Rapport 2011:06.

Larsson S, Örberg H, Kalén G, Thyrel M. 2006. Rörflen som energigröda. Erfarenheter från fullskaleförsök vid Biobränsletekniskt centrum (BTC) i Umeå under åren 2000-2004. BTK-rapport 2006:11. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

Paulrud S, Holmgren K, Rosenqvist H, Börjesson P. 2009. Förutsättningar för nya biobränsleråvaror-system för småskalig brikettering och pelletering. IVL Rapport B1825, IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg.

Paulrud, S., Nilsson, C. 2001. Briquetting and combustion of spring-harvested reed canary grass: effect of fuel composition. Biomass and Bioenergy 2001 (20) 25-35.

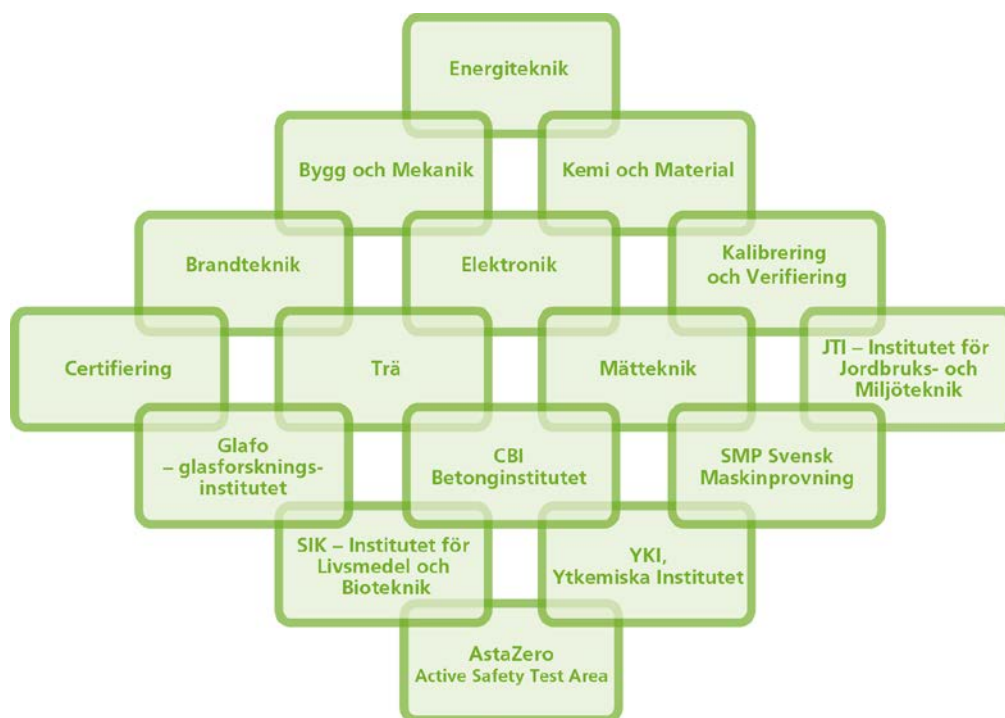
Paulrud, S., Nilsson, C., Öhman, M. 2001. Reed canary-grass ash composition and its melting behaviour during combustion. Fuel 2001 80(10) 1391-1398.

Rörflen i glesbygdens småskaliga biobränslesystem. värme (pågående demonstrationsprojekt 2010-2013).

[http://www.bioenergiportalen.se/?p=5345&m=1367&page=rorflen\\_glommerstrask](http://www.bioenergiportalen.se/?p=5345&m=1367&page=rorflen_glommerstrask)

### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Mer information om SP:s publikationer: [www.sp.se/publ](http://www.sp.se/publ)

Energiteknik

SP Rapport :2013:46

ISBN 978-91-87461-34-7

ISSN 0284-5172