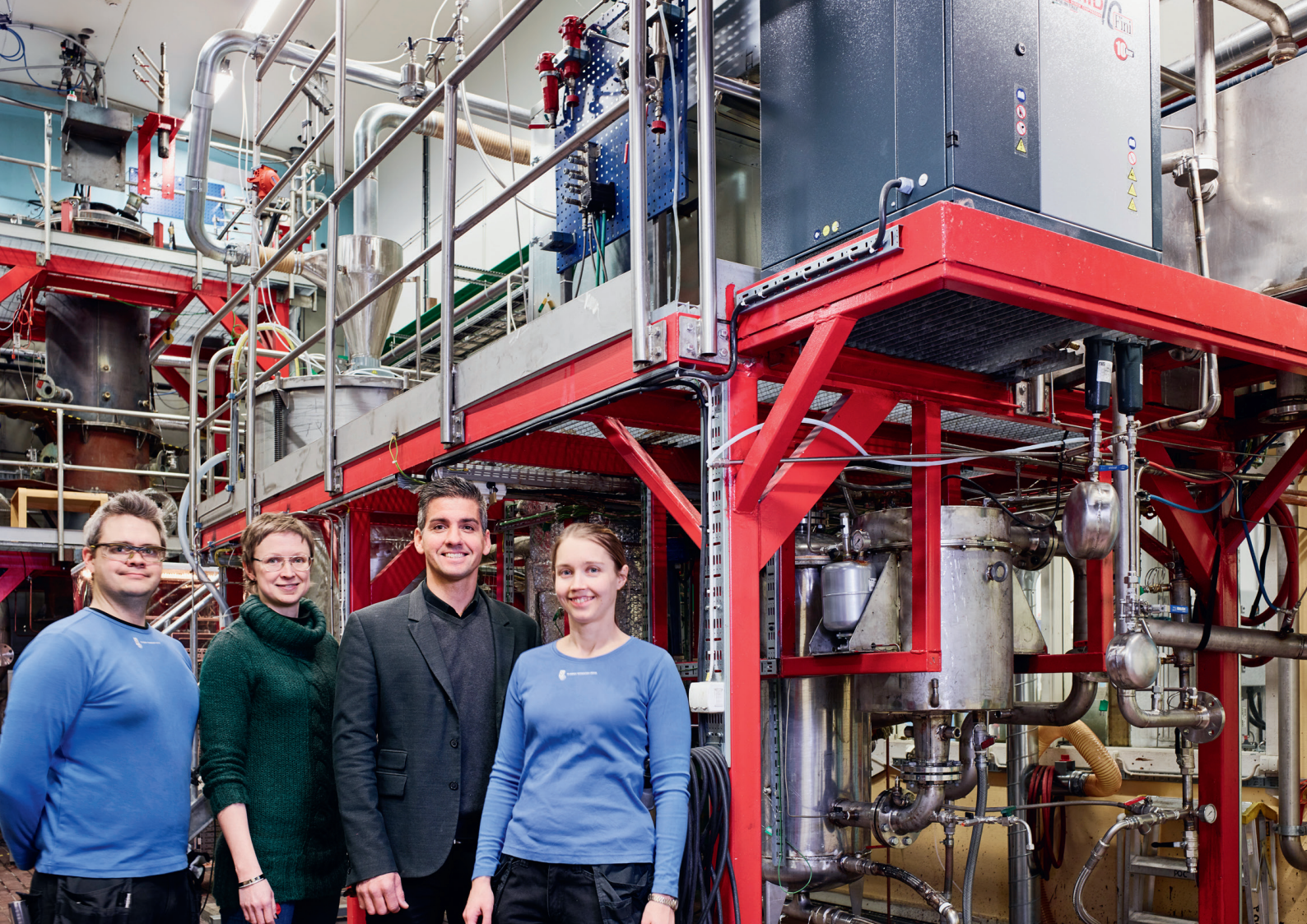




Projektrapport nr 19

Utvärdering av pyrolysegenskaper hos torv från Saltmyran, Arvidsjaur

Ann-Christine Johansson

Piteå
Januari 2017

**TORV
FORSK**

Stiftelsen Svensk
Torvforskning

Författare: Ann-Christine Johansson, ann-christine.johansson@ri.se
RISE Bioeconomy/ Energy Technology Center AB, Box 726, 941 28 Piteå

Foto framsidan: Pyrolyspilotanläggningen POC i Piteå, fotograf: Maria Fäldt
Med på bilden är Jimmy Narvesjö, Ann-Christine Johansson, Magnus Marklund och
Linda Sandström

Foto baksidan: Saltmyrans torvtäkt, Arvidsjaur 2013 By Lars Falkdalen Lindahl - Own work,
CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29718665>

Tryckår: Maj 2017
Tryckort: Stockholm

SAMMANFATTNING

Ett torvprov från Saltmyran i Arvidsjaur har utvärderats både teoretiskt och experimentellt utifrån dess pyrolysegenskaper. Teoretiskt utifrån den kemiska analysen på torv och experimentellt genom ett pyrolysförsök i RISE ETC:s pilotanläggning, POC.

Bränsleparametrar som är viktiga utifrån ett pyrolysperspektiv är flykthalt men även elementarsammansättning och askhalt. Jämfört med stamved har torv lägre flykthalt, lägre syrehalt och högre askhalt. Utifrån dessa parametrar förväntas att vid pyrolys av torv kommer utbytet av pyrolysolja vara lägre jämfört med vid pyrolys av stamved. Eftersom syrehalten är lägre i torven kommer antagligen även oljan att innehålla en lägre halt syre vilket kan ha en positiv effekt på pyrolysoljans egenskaper.

Resultatet från experimentet visar att torven kan pyrolyseras med POC-tekniken och att under icke optimerade driftsförhållanden har ca 22 vikts-% av torven konverterats till pyrolysolja, 44 vikts-% till koks samt 24 vikts-% till icke kondenserbar gas. Vid försöket noterades dock påtagliga matningsproblem av bränslet vilket resulterade i en icke stabil drift och som troligen påverkat produktutbyten och produktkvalité negativt. Den producerade pyrolysoljan innehöll en stor del torvpulver som blivit överburen genom hela systemet, som en följd av matningsproblematiken, vilket medfört svårigheter att utföra korrekta oljeanalyser.

Jämfört med pyrolys av stamved skiljer sig produktutbytena vid det genomförda pyrolysförsöket av torv markant. Oljeandelen var betydligt lägre medan koksandelen var avsevärt högre vid torvförsöket. Skillnader i utbyte är att vänta sett till skillnader i bränsleegenskaper men inverkan av de noterade matningsproblemen och driftsförhållandena för torven kan i detta fall vara överordnad bränsleegenskaperna då den använda anläggningen i dagsläget är optimerad utifrån stamved och inte torv.

I rapporten föreslås några fortsatta aktiviteter för att försöka åtgärda problemet med bränslematningen och kunna utföra en mer rättvis experimentell utvärdering av torv.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	3
INNEHÅLL.....	4
1 INTRODUKTION.....	5
2 METOD	6
2.1 TEORETISK ANALYS	6
2.2 EXPERIMENTELL ANALYS	6
3 RESULTAT OCH DISKUSSION	7
3.1 TEORETISK UTVÄRDERING	7
3.2 EXPERIMENTELL UTVÄRDERING	9
4 SLUTSATSER	13
5 FORTSATT ARBETE.....	13
6 LITTERATURFÖRTECKNING	14

1 INTRODUCTION

Torv består av växtdelar som förmultnat under syrefattiga och fuktiga miljöer. Torv används idag som bränsle, odlingssubstrat samt som jordförbättring. Ett potentiellt sätt att förädla torven vidare till mer högvärdiga föreningar skulle kunna vara genom pyrolys. Pyrolys är en teknik för att omvandla fast organiskt material till ett vätskeformigt bränsle, pyrolysolja, med högre energitäthet som vidare kan förädlas till högvärdiga kemikalier och/eller fordonsbränslen. I pyrolysen upphettas den finmalda råvaran snabbt (< 2 s) till ca 500 °C utan närvaro av syre. Den bildade gasen och det fasta materialet avskiljs och gasen kyls snabbt och bildar pyrolysolja och icke kondenserad gas.

För att kunna göra en bedömning om torv skulle vara en passande råvara till att producera pyrolysolja kommer i detta försök torvens egenskaper utvärderas teoretiskt likväl som experimentellt. I den teoretiska delen analyseras torvens kemiska och fysikaliska egenskaper och jämförs med egenskaper från stamved från tall och gran. I den experimentella delen pyrolyseras torv under industriellt relevanta förhållanden i RISE ETC:s cyklonbaserade pyrolyspilotanläggning (POC) och köregenskaper, massbalans och kvalitet på producerad olja jämförs med liknande försök med stamved.

2 METOD

Torvens pyrolysegenskaper utvärderas dels teoretiskt och dels experimentellt.

2.1 TEORETISK ANALYS

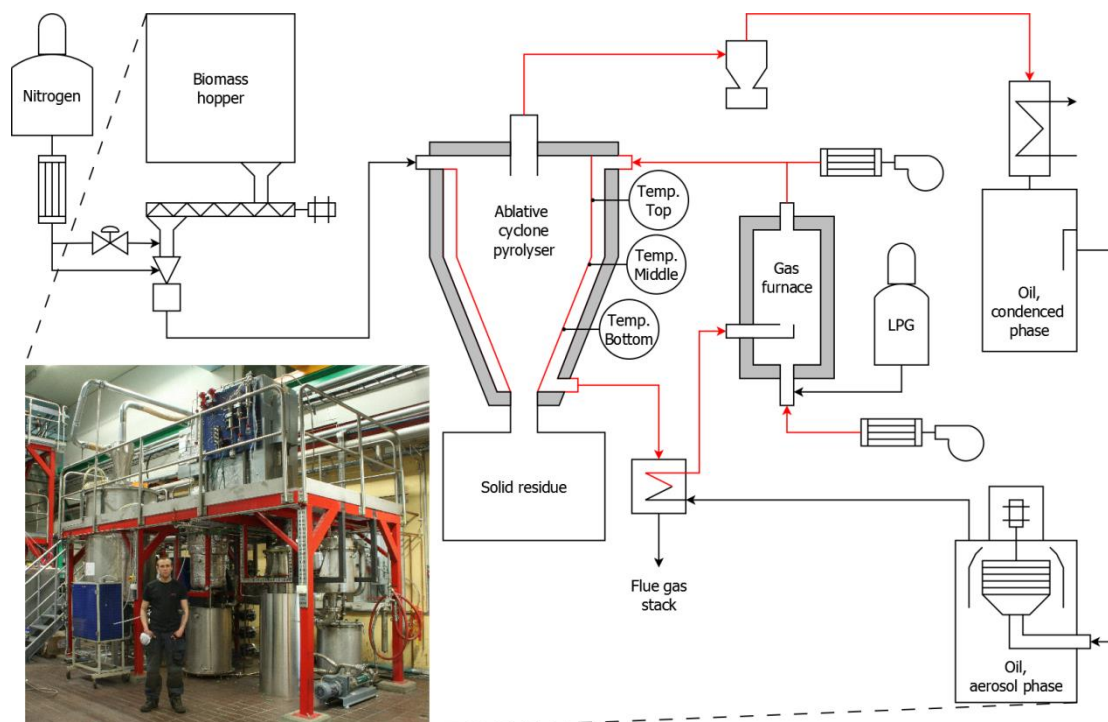
I den teoretiska delen analyseras torvens kemiska och fysikaliska egenskaper och jämförs med egenskaper från stamved från tall och gran. Torvprov från Saltmyran analyseras med avseende på elementarsammansättning (C, H, O, S, Cl), flykthalt, fukthalt, metaller och värmevärde på ett externt laboratorium, ALS Scandinavia, Luleå. Egenskaperna jämförs sedan med ett väldokumenterat representativt bränsle, stamved från tall och gran från Stenvalls Trä AB, Sikfors.

2.2 EXPERIMENTELL ANALYS

Experimentellt utvärderas torv genom pyrolys under industriellt relevanta förhållanden i RISE ETC:s pyrolyspilotanläggning (POC). I försöket ingår provbearbetning (torkning, malning), matning, pyrolys inklusive gasanalys, massbalansberäkning (bestämning av produktutbyte) samt enklare kemisk analys på den producerade oljan.

I Figur 1 ses en processöversikt och bild på pilotanläggningen som används i försöket och nedan följer en kort beskrivning av anläggningen, mer information om anläggningen hittas i Wiinikka et al 2015 och Johansson et al 2016. Anläggningen är dimensionerad för att kunna pyrolysera bränsle i storleksordningen 37 kg/h. Anläggningen kan delas upp i fyra delar; matningssystemet, cyklonreaktorn, oljeseperationen och destruktionsbrännaren.

I matningssystemet matas finmalt bränsle in till reaktorn via en bränsleskruv och transporteras genom systemet med bärgas (i detta fall kväve med en flödeshastighet av 750 dm³/min). Reaktorn är utformad som en cyklon med dubbelmantlade väggar, som värms genom varm gas från destruktionsbrännaren. Bränslet kommer in till cyklonreaktorn i toppen tangentiellt mot reaktorväggen. Bränslet snurrar runt längst med väggen, genom centrifugalkraften, i reaktorn och värms och pyrolyseras. Efter pyrolysen separeras reaktionsprodukterna i samma kärl genom att de varma pyrolysångorna och gasen lämnar reaktorn genom toppen medan den fasta återstoden, koksen, lämnar reaktorn genom botten och samlas upp i ett kärl under reaktorn. De varma ångorna/gasen går igenom ytterligare en cyklon för att avskilja mindre partiklar och förs sedan till oljeuppsamlingen. Oljeuppsamlingen är uppdelad på två delar, först ett kondensationssteg som kyler gasen till under 30 °C med hjälp av dysning med en icke blandbar kolvätelösning (Isopar L) och ger en fraktion av olja som kallas kondenserad olja. Sedan separeras de bildade oljeaerosoler ut i en centrifugalseparator och ger en fraktion kallad aerosololja. Den icke kondenserbara gasen värms åter igen upp och förbränns tillsammans med gasol i en destruktionsbrännare där värmen återanvänds för att värma reaktorns väggar. Den icke kondenserbara analyseras kontinuerligt med avseende på CO, CO₂, H₂, N₂, O₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ med en Varian 490 micro-gaskromatograf, vatten och formaldehyd med en FTIR samt via gaspåsar punktvis med avseende på metanol, etan, propan/propen och aceton med en Varian CP-3800 gaskromatograf med FID detektor.



Figur 1. Processöversikt samt foto över pyrolyspilotanläggningen, POC.

3 RESULTAT OCH DISKUSSION

3.1 TEORETISK UTVÄRDERING

I Tabell 1 ses bränsleanalysen för torkad torv, och stamved för jämförelse. Utifrån ett pyrolysperspektiv är framför allt bränslets flykt-, kol-, väte-, syre- och askhalt som är viktiga parametrar. Flykthalten är ett mått på hur mycket flyktiga komponenter som finns i ett bränsle och är ett indirekt mått på hur mycket pyrolysolja som kan produceras från bränslet. Torv har en något lägre flykthalt än stamved och detta innebär således att ett något lägre pyrolysoljeutbyte kan förväntas produceras från bränslet. Utifrån elementärsammansättningen ses framför allt att syreandelen är lägre för torv jämfört med stamved. Syre är starkt kopplad till pyrolysoljans ofördelaktiga egenskaper som lågt pH, instabilitet och höga vatteninnehåll, så torvens lägre syreinnehåll är en fördelaktig egenskap. Torvens värmevärde är något högre än stamvedens värmevärde vilket kan korreleras till torvens något högre kolinnehåll. Askhalten är högre för torv jämfört med för stamved. En hög askhalt kan påverka pyrolysoljeutbytet negativt eftersom framför allt alkalimetaller kan fungera som katalysatorer och främja utbytet av koks, vatten och gaser under pyrolysen (Patwardhan et al, 2010).

Tabell 1. Bränsleegenskaper för torv och stamved

	Enhet	Stamved	Torv
Fukthalt ¹	vikts %	4,3	3,9
Flykthalt ²	vikts %, torrt	83,8	68,7
Aska (550°C) ³	vikts %, torrt	0,3	7,2
Fast kol ⁴	vikts %, torrt	15,9	
C ⁵	wt %, torrt	51,3	52,6
H ⁵	wt %, torrt	6,2	5,6
N ⁵	wt %, torrt	0,1	2,89
O ⁶	wt %, torrt	42	31,4
Cl ⁷	wt %, torrt	<0,02	<0,02
S ⁷	wt %, torrt	0,021	0,237
Effektivt värmevärde ⁸	MJ kg ⁻¹ , torrt	19,305	20,244
Metaller ⁹			
Si	wt %, torrt	0,0067	0,5329
Al	wt %, torrt	0,0017	0,2525
Ca	wt %, torrt	0,0587	0,9434
Fe	wt %, torrt	0,0003	0,3491
K	wt %, torrt	0,0303	0,0579
Mg	wt %, torrt	0,0105	0,0309
Mn	wt %, torrt	0,0065	0,02827
Na	wt %, torrt	0,0023	0,0418
P	wt %, torrt	0,0026	0,0615
Ti	wt %, torrt	0,00006	0,0084
As	mg/kg, torrt	<0,08	30,7
Ba	mg/kg, torrt	4,03	84
Be	mg/kg, torrt	<0,003	
Cd	mg/kg, torrt	0,0949	0,0895
Co	mg/kg, torrt	0,0214	0,636
Cr	mg/kg, torrt	0,0742	4,14
Cu	mg/kg, torrt	1,03	3,48
Hg	mg/kg, torrt	<0,01	0,0263
Mo	mg/kg, torrt	0,00672	6,57
Nb	mg/kg, torrt	<0,03	0,566
Ni	mg/kg, torrt	<0,04	2,75
Pb	mg/kg, torrt	<0,04	0,547
Sc	mg/kg, torrt	<0,005	0,648
Sr	mg/kg, torrt	2,49	
V	mg/kg, torrt	0,0136	2,77
W	mg/kg, torrt	0,00385	0,419
Zn	mg/kg, torrt	8,73	8,6
Zr	mg/kg, torrt	0,0396	10,4

¹ Metod: SS 02 81 13-1.

² Metod SS-EN 15148:2009

³ Metod: SS-EN 14775:2009/15403:2011

⁴ Metod: beräknad utifrån subtraktion (skillnad) av övrig elementarsammansättning

⁵ Metod: SS-EN 15104:2011/15407/15407:2011

⁶ Metod: beräknad utifrån subtraktion (skillnad) av övrig elementarsammansättning

⁷ Metod: SS-EN 15289:2011/15408:2011

⁸ Metod: SS-EN 14918:2010/15400:2011

⁹ Metod: EPA metod 2007.7 och 200.8

3.2 EXPERIMENTELL UTVÄRDERING

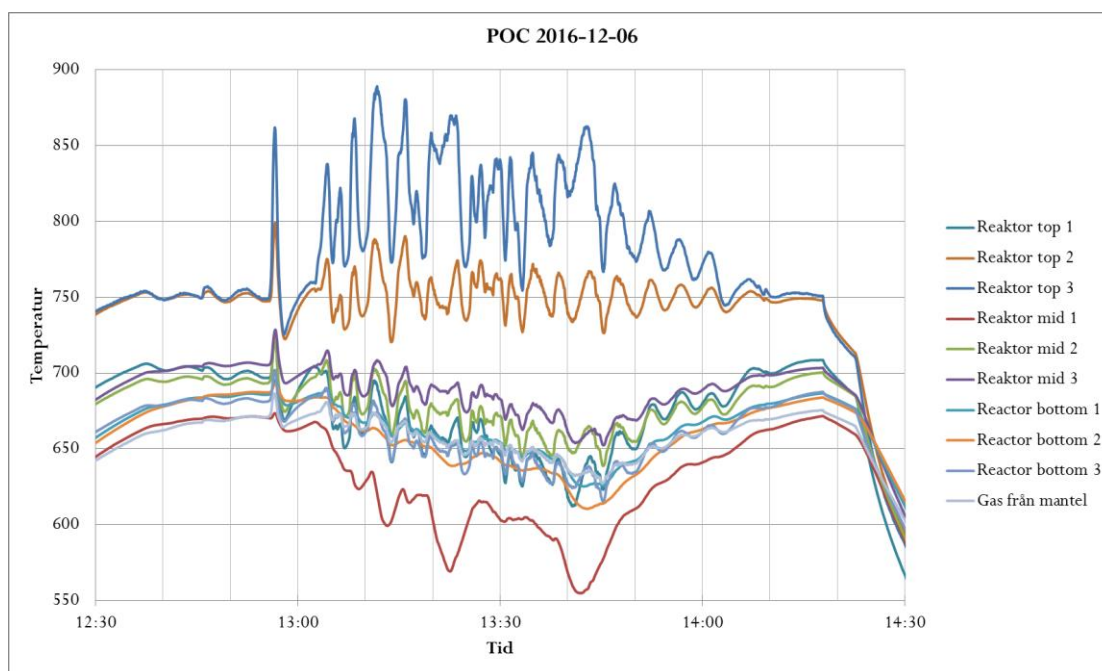
Torven som inkom till RISE ETC var så kallad frästörv med en fukthalt på ca 70 vikts-%. Fukthalten på bränslet behöver vara under 10 vikts-% för att få en effektiv pyrolysisprocess samt för att hålla vattenhalten i pyrolysoljan på så låg nivå som möjligt. För att erhålla en effektiv pyrolys behöver även partikelstorleken på bränslet vara relativt finmalt. Utifrån tidigare pyrolysförsök med stamved har det visat sig att en sållstorlek på 0,75 mm har gett ett pulver med bra partikelstorlek för denna process. Torven förbehandlades därför genom att den torkades till ca 3 vikts-% och maldes i en hammarkvarn (Mafa EU-4B) utrustad med ett såll på 0,75 mm.

Innan försöket gjordes en bränslekalibrering för att bestämma frekvensen på bränsleskruven. Frekvensen på skruven bestämdes till 9,8 Hz för att mata in ca 20 kg/h bränsle. Torven matades sedan in i bränsleförrådet i POC-anläggningen.

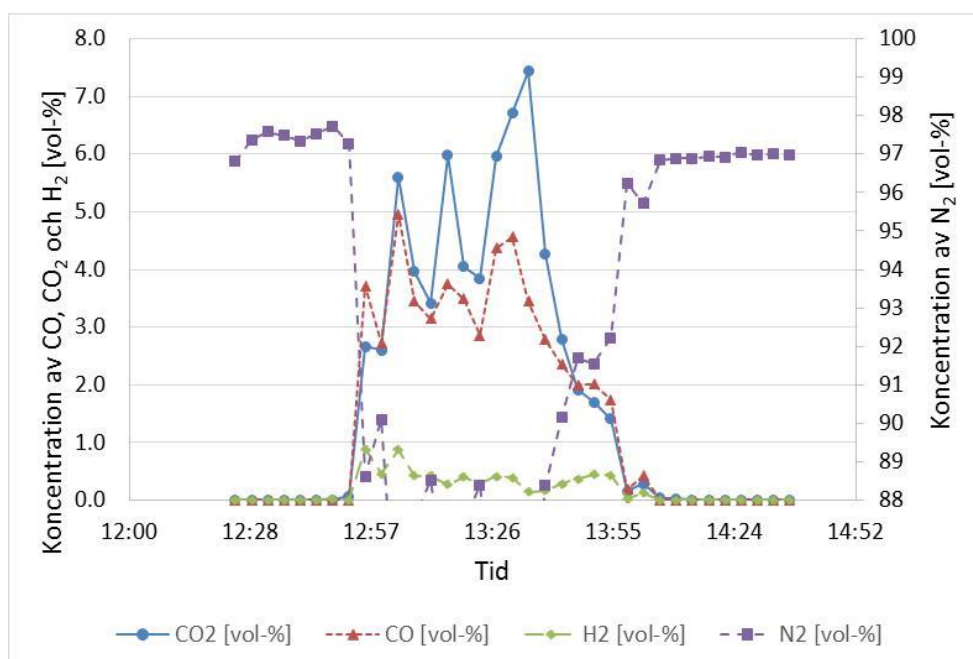
3.2.1 KÖREGENSKAPER

Torven pyrolyserades under totalt 68 minuter vid en reaktorväggstemperatur på 750 °C. Vid pyrolysförsöket upplevdes problem med bränslematningen in till reaktorn. Tryckfluktuationer orsakade en ojämn och för hög bränslematning (ca 45 kg/h) vilket orsakade en ojämn pyrolys vilket bland annat temperatur- och gaskoncentrationsprofilerna bekräftar, se Figur 2 och 3. (För jämförelse visas i Figur 4 koncentrationer av huvudgaskomponenterna vid ett pyrolysexperiment med stamved med jämn matning och pyrolys.) Tryckfluktuationerna tros ha uppkommit från att det bildats klumpar av bränslet i matningssystemet som släpper emellanåt men även att matningstekniken som används i anläggningen inte är optimal för torven. Bränslet påverkar bärgasflödet som går till reaktorn, vilket leder till högre tryck i fallschakt och silon. Silons volym är i sammanhanget stor och även en liten tryckhöjning innebär ett betydande gasflöde genom bränsleskruvarna. När gasen går genom bränsleskruvarna drar den även med sig en viss mängd bränsle vilket gör att bränsleflödet momentant ändras från det skruvfrekvensen normalt ger. I de fall ledningen innehåller mindre mängd bränsle går istället flödet från silon och drar med sig mer bränsle. På detta sätt pumpas bränsle in i anläggningen, flödet blir pulserande och nettoeffekten visade sig i detta fall bli att medelflödet blev mycket högre än vad enbart skruvarnas rotation skulle ge. Så som anläggningen är konstruerad sätts ett lagom övertryck i silon genom att manuellt justera ejektortrycket, vilket i normala fall enkelt balanseras mot anläggningens mottryck och bränsleflöde. I detta fall var trycket inte konstant och behövde hela tiden justeras för att ligga inom ett intervall som anses godtagbart 0-25 mbar, i normalfallet kan trycket hållas inom ett mycket snävare intervall på 8-10 mbar. Att behöva justera trycket bidrar också i sig till att gas flödar genom skruvarna. När anläggningen körs med stamvedspulver är dessa fluktuationer mycket ovanliga. Att fluktuationerna blev så kraftiga med torv kan vara kopplat till klumpar i bränslet men också, vilket kan ha än större betydelse, till bränslets benägenhet att pumpas fram i skruvarna av ett gasflöde. Stamvedspulver består till stor del av avlånga stickor som en följd av träets fiberuppbyggnad, detta gör att pulvret binder till sig självt och inte kan "rinna" på samma sätt som observerades under torvförsöket. Matningsproblematiken kan därför ses som bränslespecifik. Under försöket sågs indikationer på att fluktuationerna minskade något vid en sänkt effekt på bränsleskruven vilket borde visa på en jämnare matning.

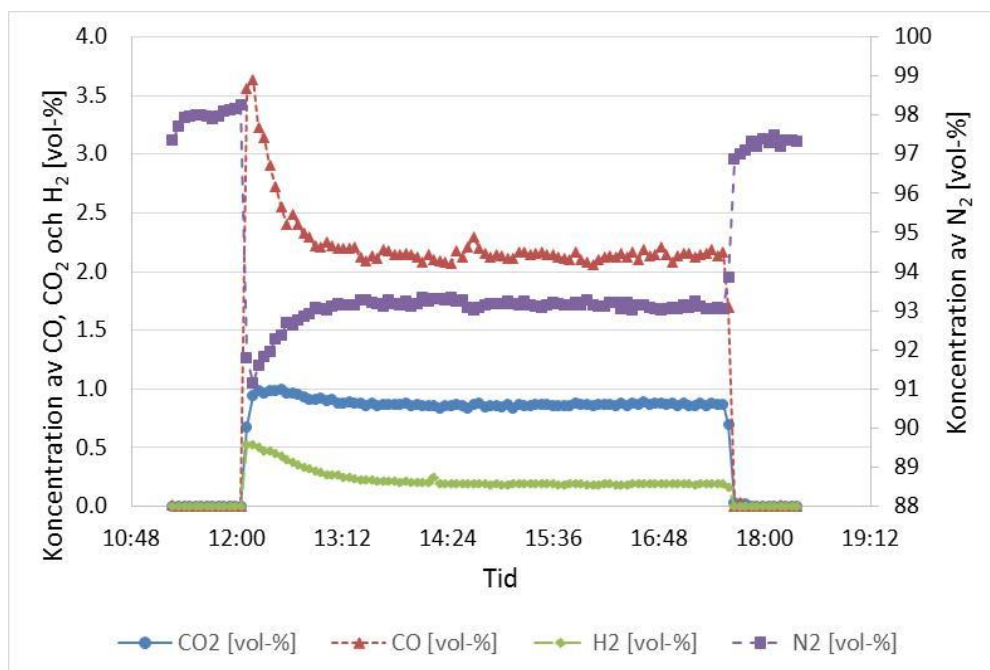
Kalibreringen av skruvarna gjordes genom att suga bränsle från fallschaktet till en tunna med cyklonavskiljare med hjälp av en damsugare. Fallschaktet öppnades då för att släppa in transportluft och med det blev trycket i silon inte påverkat av störningar i bränsleflöde och ingen negativ återkoppling gavs då heller utav gas som gick genom skruvarna. Med andra ord tar kalibreringen bara hänsyn till skruvarnas rotation och inte till tryckfluktuationer, denna metod har fungerat tillfredställande med tidigare testade bränslen som inte bidrar till eller är lika känsliga för tryckfluktuationer.



Figur 2. Temperatur vid reaktorväggen vid 9 olika positioner.

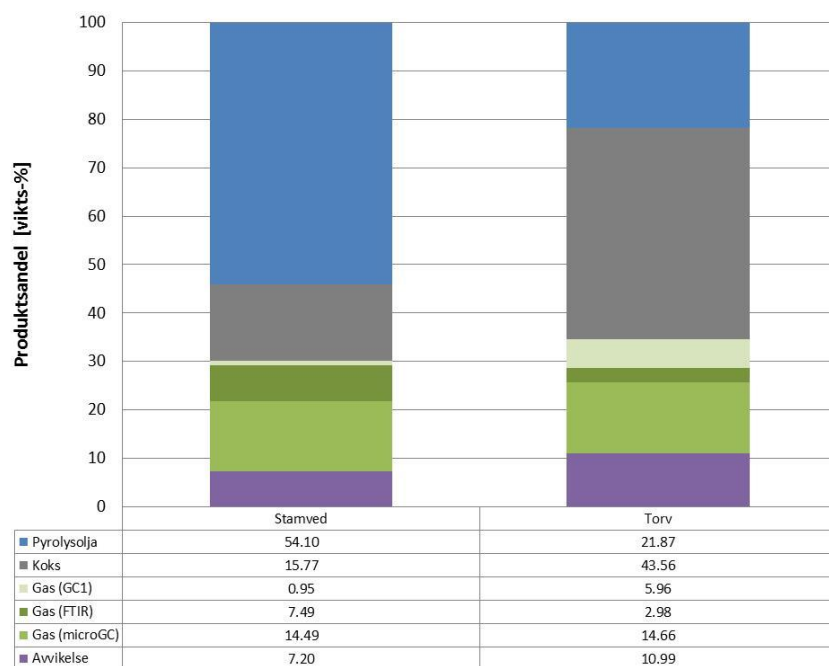


Figur 3. Gaskoncentrationer för huvudgaskomponenterna N_2 , CO_2 , CO och H_2 vid pyrolysen av torv.



Figur 4. Gaskoncentrationer för huvudgaskomponenterna N_2 , CO_2 , CO och H_2 vid pyrolys av stamved.

Efter försöket vägdes alla produkter för att kunna göra en massbalans över systemet, se Figur 5. Trots problem med bränslematningen har torven pyrolyserats och producerat tre olika produkter; koks, pyrolysolja och icke kondenserbar gas. Ca 22 vikts% pyrolysolja, 44 vikts-% koks och 24 vikts-% icke-kondenserbar gas producerades under försöket. Den olja som producerades innehöll dock en stor del överburet bränsle vilket innebär att den verkliga produktionen av olja var något lägre än 22 vikts-%. Produktandelen vid denna pyrolys av torv jämfört med vid pyrolys av stamved skiljer sig nämnvärt. Oljeandelen är avsevärt mindre vid pyrolys av torv (22 vikts-%) jämfört med vid pyrolys av stamved (54 vikts-%), medan koksandelen är avsevärt högre (44 vikts-% jämfört med 16 vikts-%) och gasandelen ungefär densamma. Dessa skillnader beror på skillnader i bränslets egenskaper men kan även bero på de noterade matningsproblemen samt att anläggningen är optimerad utifrån stamved till exempel med avseende på partikelstorleksfördelning, partikelform och bulkdensitet.



Figur 5. Massbalans över pyrolysisprocessen vid torv och stamved.

Den fasta produkten, koksen, kan användas som bränsle för att tillgodose värmen som krävs för pyrolysisprocessen och/eller användas som jordförbättringsmedel eller aktivt kol. Något som också kan noteras är att den producerade koksen var mycket reaktiv, något som noterades eftersom koksen fattade eld när den togs ut för vägning från både den primära och sekundära kokstunnan.

3.2.2 OLJEKVALITÉ

Den producerade oljan återfinns i två olika fraktioner, den som samlats upp i värmeväxlaren (kondenserad olja) och den som samlats upp i centrifugalseparatören (aerosololja). I värmeväxlaren används en icke blandbar Isopar-lösning som kylmedium och för att kunna väga den producerade oljan separerades denna först bort från oljan. Både Isoparen och den producerade oljan innehöll en stor del överburet bränsle, torvpulver, vilket försvårar vidare analyser. Den producerade pyrolysoljan verkade dessutom vara fasseparerad, dvs icke homogen. I ett försök att kunna analysera vattenhalten i oljan centrifugerades ett prov av vardera oljefraktion. På grund av fasseparationen var det dock svårt att kunna ta ut ett representativt prov vilket resulterade i att koncentrationerna varierade något. Medelkoncentrationerna för vatten var i oljefraktionerna producerad från torv var ca 15 vikts% vilket var något högre än vad som uppmätts i olja som producerats från stamved, ca 11 vikts%.

4 SLUTSATSER

Torvs pyrolysegenskaper har undersökts dels teoretiskt med hjälp av att utvärdera kemiska och fysikaliska bränsleegenskaper och dels experimentellt genom att torv pyrolyserats i RISE ETC pilotanläggning.

Bränsleparametrar som är viktiga utifrån ett pyrolysperspektiv är flykthalt men även elementarsammansättning och askhalt. Jämfört med stamved har torv lägre flykthalt, lägre syrehalt och högre askhalt. Utifrån dessa parametrar förväntas att vid pyrolys av torv kommer utbytet av pyrolysolja vara lägre jämfört med vid pyrolys av stamved. Eftersom syrehalten är lägre i torven kommer antagligen även oljan att innehålla en lägre halt syre vilket kan ha en positiv effekt på pyrolysoljans egenskaper.

Resultatet från den experimentella utvärderingen visar att torven kan pyrolyseras och att ca 22 vikts-% av torven har konverterats till pyrolysolja, 44 vikts-% till koks samt 24 vikts-% till icke kondenserbar gas. Vid försöket noterades dock matningsproblem av bränslet vilket resulterade i en icke stabil drift vilket kan påverka produktutbyten och produktkvalitén. Produktutbytet vid denna pyrolys av torv och stamved skiljer sig avsevärt. Oljeandelen var betydligt lägre vid pyrolys av torv jämfört med vid pyrolys av stamved medan koksandelen var avsevärt högre. Dessa skillnader beror på skillnader i bränslets egenskaper men kan även bero på de noterade matningsproblemen samt att den använda anläggningen är optimerad utifrån stamved och inte torv.

5 FORTSATT ARBETE

För att kunna utföra en mer rättvis experimentell utvärdering av torv föreslås följande aktiviteter:

- *Större partikelstorlek på bränslet*
Vid större partikelstorlek på bränslet är det mindre sannolikhet att bränsle sugas genom systemet
- *Bränslekalibrering med ejektor*
För att bränslekalibreringen ska bli så korrekt som möjligt föreslås att denna görs med hjälp av en ejektor för att efterlikna pilotanläggningens matningssystem så bra som möjligt.
- *Utföra ytterligare ett pyrolystest i pilotreaktorn*
För att säkerställa att massbalansen på pyrolysen av torv blir korrekt samt för att kunna producera en representativ olja föreslås att ytterligare ett pyrolystest utförs med ovanstående föraktiviteter.

Ett annat alternativ för att få bättre matningsegenskaper skulle kunna vara att blanda torv med ett annat bränsle, till exempel stamvedspulver, och sedan utföra ett pyrolysförsök.

6 LITTERATURFÖRTECKNING

Johansson, Ann-Christine, Wiinikka, Henrik, Sandström, Linda, Marklund, Magnus, Öhrman, Olov G. W., and Narvesjö, Jimmy (2016), 'Characterization of pyrolysis products produced from different Nordic biomass types in a cyclone pilot plant', *Fuel Processing Technology*, 146, 9-19.

P. R. Patwardhan, J. A. Satrio, R. C. Brown and B. H. Shanks (2010), Influence of inorganic salts on the primary pyrolysis products of cellulose, *Bioresour. Technol.*, 101, 4646–4655.

Wiinikka, Henrik, Carlsson, Per, Johansson, Ann-Christine, Gullberg, Marcus, Ylipää, Calle, Lundgren, Mattias, and Sandström, Linda (2015), 'Fast Pyrolysis of Stem Wood in a Pilot-Scale Cyclone Reactor', *Energy & Fuels*, 29 (5), 3158-67.

JÄMFÖRELSE MED ANDRA RÅVAROR

Analysresultat av pyrolysisprodukter som produceras från olika nordiska biomassor i en cyklonpilotanläggning.

Källa: Fuel Processing Technology 146 (2016)9-19. Characterization of pyrolysis products produced from different Nordic biomass types in a cyclone pilot plant.

Författare: Ann-Christine Johansson, Henrik Wiinikka, Linda Sandström, Magnus Marklund, Olov G.W. Öhrman, Jimmy Narvesjö.

Table 2
Biomass feedstock properties.

	Unit	Stem wood (pine, spruce)	Forest residue	Bark	Willow	Reed canary grass
<i>Proximate analysis</i>						
Moisture ¹	wt.%, as received	4.3	3.6	6.5	5.9	3.6
Volatiles ²	wt.%, ds	83.8	80.6	78.4	81.3	80.6
Ash (823 K) ³	wt.%, ds	0.3	2.4	2.0	1.8	2.4
Fixed carbon ⁴	wt.%, ds	15.9	19.5	19.6	16.9	17.0
<i>Ultimate analyses, ratios and heating values</i>						
C ⁵	wt.%, ds	51.3	51.9	53.5	49.6	49.5
H ⁵	wt.%, ds	6.2	6.2	6.4	6.0	6.1
N ⁵	wt.%, ds	0.1	0.42	0.40	0.47	1.39
O ⁶	wt.%, ds	42	39.9	37.7	42.0	40.4
Cl ⁷	wt.%, ds	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.03
S ⁷	wt.%, ds	0.021	0.024	0.029	0.041	0.115
O/C	mol/mol, ds	0.61	0.58	0.53	0.64	0.61
H/C	mol/mol, ds	1.44	1.42	1.43	1.44	1.47
H/C _{eff}	mol/mol, ds	0.29	0.27	0.37	0.17	0.24
LHV ⁸	MJ kg ⁻¹ , ds	19.305	19.553	20.677	18.395	18.562
<i>Major inorganics⁹</i>						
Si	wt.%, ds	0.0067	0.1262	0.0148	0.0725	0.4062
Al	wt.%, ds	0.0017	0.0309	0.0134	0.0150	0.0396
Ca	wt.%, ds	0.0587	0.2666	0.6197	0.4603	0.2795
Fe	wt.%, ds	0.0003	0.0046	0.0020	0.0031	0.0276
K	wt.%, ds	0.0303	0.1494	0.1444	0.1610	0.1685
Mg	wt.%, ds	0.01055	0.0411	0.0627	0.0335	0.0627
Mn	wt.%, ds	0.0065	0.0242	0.0446	0.0017	0.0240
Na	wt.%, ds	0.0023	0.0113	0.0119	0.0110	0.0079
P	wt.%, ds	0.0026	0.0312	0.0359	0.0467	0.1510
Ti	wt.%, ds	0.00006	0.0013	0.0002	0.0007	0.0012
Zn	wt.%, ds	0.0009	0.005	0.013	0.005	0.0060
<i>Chemical composition</i>						
Cellulose ¹⁰	wt.%, ds	35.9	29.1	21.8	35.6	33.5
Hemicellulose ¹⁰	wt.%, ds	23.1	19.9	15.6	16.6	22.3
Lignin ¹¹	wt.%, ds	27.2	31.2	36.5	25.3	22.5
Acetone extractives ¹²	wt.%, ds	5.12	4.37	9.44	1.42	1.44

¹ Method used: SS 02 81 13-1.

² Method used: SS-EN 15148:2009

³ Method used: SS-EN 14775:2009/15403:2011

⁴ by difference

⁵ Method used: SS-EN 15104:2011/15407/15407:2011

⁶ Method used: by difference

⁷ Method used: SS-EN 15289:2011/15408:2011

⁸ Method used: SS-EN 14918:2010/15400:2011

⁹ Method used: EPA method 2007.7 and 200.8

¹⁰ Method used: SCAN-CM 71:09

¹¹ Method used: Tappi T222

¹² Method used: SCAN-CM 49



Rapporten kan beställas från:

TorvForsk
Arenavägen 33
121 77 Johanneshov
info@svensktorv.se

eller laddas ned från www.torvforsk.se

TorvForsk – Stiftelsen Svensk Torvforsknings mål är att öka kunskapen om torv och torvmarker och att initiera, planera, genomföra och utvärdera forskning och utvecklingsinsatser av betydelse för användning och bevarande av torvmarker.

TorvForsk är en allmännyttig forskningsstiftelse som bildades 1983 av representanter för torvnäringen. TorvForsk har till uppgift att initiera, planera, genomföra samt utvärdera forskning och utvecklingsinsatser av betydelse för torvbranschen.

**TORV
FORSK**

Stiftelsen Svensk
Torvforskning