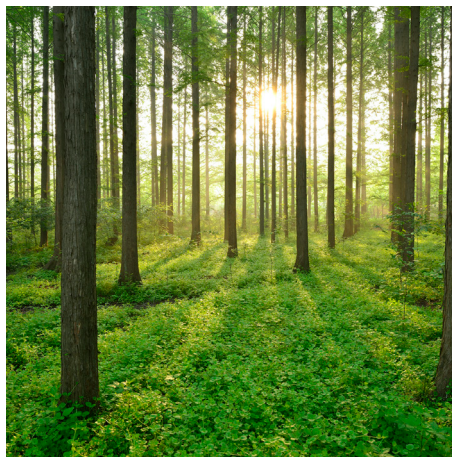
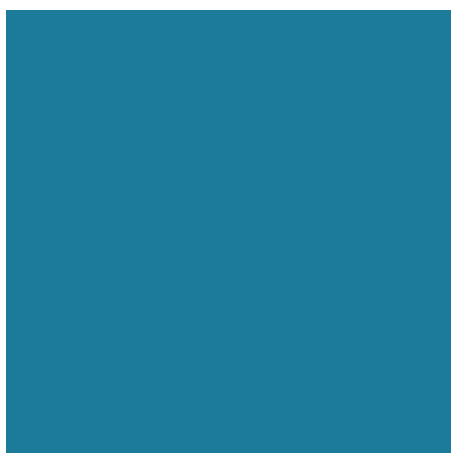


INVERKAN PÅ MESAUGNSDRIFT AV VARIBILITET I EGENSKAPER HOS BIOOLJOR

RAPPORT 2025:1132



SKOGSINDUSTRIELLA
PROGRAMMET



Inverkan på mesaugnsdrift av variabilitet i egenskaper hos biooljor

Analys av biooljor och kapacitetssimuleringar

PATRIK LÖWNERTZ ANDREAS REIPSAR

ISBN 978-91-89918-33-7 | © Energiforsk oktober 2025

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Efterfrågan på biooljor har ökat. Det finns idag produkter på marknaden med stora skillnader i egenskaper. I många fall är inte produktspecifikationerna tillräckliga, bland annat med avseende på egenskaper som är av stor vikt när biooljorna ska användas som mesaugnsbränsle. Det har därför funnits ett stort behov av en undersökning av hur olika biooljor fungerar som bränsle i en mesaugn. I det här projektet har Patrik Löwnertz undersökt och dokumenterat nivåerna på variationer i förbränningstekniskt viktiga egenskaper inklusive värmevärde, elementaranalys och viskositet. I rapporten finns också underlag till hur man kan vidta åtgärder som minskar negativa konsekvenser för mesaugnsdriften.

Stockholm oktober 2025

Marie Kofod-Hansen
Programansvarig Skogsindustriella programmet

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Med ökad efterfrågan på biooljor från olika industrisektorer ingår idag produkter av mer varierat ursprung och med större variation i egenskaper i bränsleförsörjningen för biooljeeldade mesaugnar. I många fall är också produktspecifikationerna inte tillräckliga med avseende på egenskaper av stor vikt för deras användning som mesaugnsbränsle.

I den här studien analyserades biooljor använda vid svenska massabruk inklusive blandad tallbeckolja (TOP) och blandade fettsyror (MFA) med avseende på egenskaper för bränslets funktion vid användning som mesaugnsbränsle. Råtallolja (CTO) från två bruk analyserades också liksom oblandad tallbeckolja.

	Kalorimetriskt		Kinematisk				
	värmevärde		viskositet	Densitet	Flampunkt	Fukthalt	Askhalt
	(HHV) MJ/kg	(LHV) MJ/kg	mm ² /s	kg/m ³	°C	%-m/m	%-m/m
TOP 1.1	39,6	37,3	716	987	>130	0,145	0,193
TOP 1.2	39,5	37,1	825	988	>130	0,137	0,185
TOP 2.1	39,7	37,4	2135	998	>130	0,166	0,152
TOP 2.2	39,6	37,3	2754	1001	>130	0,144	0,215
TOP 3.1	39,3	36,5	63	926	>130	0,606	0,210
TOP 3.2	-	-	-	-	-	-	-
MFA 1*	38,9	36,4	56	927	>130	0,579	0,239
MFA 2	39,3	36,8	96	941	>130	0,637	0,100
CTO Barr	38,3	36,0	98	971	111	0,897	0,046
CTO Barr/Löv	39,2	36,8	88	956	>130	0,484	0,095
TOP Lev.	39,8	37,4	9106	1003	>130	0	0,135
MFA Lev.	39,0	36,7	546	949	>100	1,130	0,371
Medelvärde	39,32	36,92	1499	967,9	-	0,461	0,176
St. avvikelse	± 0,43	± 0,46	± 2681	± 29	-	± 0,346	± 0,083

*Provet filtrerades eftersom det fanns fasta partiklar som annars skulle ha stört analysen

De biooljor som användes som mesaugnsbränsle visade betydande variationer beroende på typ och leverantör, särskilt med avseende på viskositet. Baserat på analyserna och kunskap inhämtad under studien ges rekommendationer för drifrutiner för att säkra en stabil mesaugnsdrift med avseende på bränsleanvändningen.

Processimuleringar gjordes för att jämföra mesaugnskapaciteten med den genomsnittliga biooljan från analyserna med lätt eldningsolja (EO3). Simuleringsfallen inkluderade ett fall där rökgastemperaturen till elfiltret begränsades till 350°C för båda bränslena utan vatteninjektionen efter mesatorken och ett fall där rökgasflödet till elfiltret hölls på samma nivå med vatteninjektion för fallet med bioolja. För båda fallen visade simuleringarna på en något högre kapacitet för bioolja.

		<i>EO3, 350 °C till elfilter</i>	<i>Bioolja max 350 °C till elfilter</i>	<i>Bioolja, samma rökgasflöde till elfilter</i>
Adiabatisk förbränningstemperatur	°C	2181	2195	2195
Produktion, t/d	%	Ref	+6	+1
Bränsleförbrukning, GJ/t kalk	%	Ref	-1	-1
Rökgashastighet ugnsutlopp	%	Ref	+5	-1
Rökgastemperatur vid ugnsutlopp	°C	Ref	+6	-3
Rökgasvolym till elfilter	%	Ref	+5	0

Summary

With increased demand for bio-oils from various industry sectors, bio oils of more varied types are used for firing of the lime kilns of the kraft pulp industry. In some cases their specifications are also not sufficient with regards to properties important for their use as lime kiln fuels.

In this study bio-oils, including blended tall oil pitch (TOP) and mixed fatty acids (MFA), used at Swedish pulp mills were analyzed with regard to properties important for the fuel performance in lime kiln firing. Crude tall oil (CTO) produced at two Swedish pulp mills and unblended tall oil pitch(TOP Lev.) were also analyzed.

	Heat Value		Kinematic		Flash point	Moisture	Ash
	(HHV)	(LHV)	viscosity	Density			
	MJ/kg	MJ/kg	mm ² /s	kg/m ³	°C	mass%-	mass%
TOP 1.1	39,6	37,3	716	987	>130	0,145	0,193
TOP 1.2	39,5	37,1	825	988	>130	0,137	0,185
TOP 2.1	39,7	37,4	2135	998	>130	0,166	0,152
TOP 2.2	39,6	37,3	2754	1001	>130	0,144	0,215
TOP 3.1	39,3	36,5	63	926	>130	0,606	0,210
TOP 3.2	-	-	-	-	-	-	-
MFA 1*	38,9	36,4	56	927	>130	0,579	0,239
MFA 2	39,3	36,8	96	941	>130	0,637	0,100
CTO Barr	38,3	36,0	98	971	111	0,897	0,046
CTO Barr/Löv	39,2	36,8	88	956	>130	0,484	0,095
TOP Lev.	39,8	37,4	9106	1003	>130	0	0,135
MFA Lev.	39,0	36,7	546	949	>100	1,130	0,371
Average	39,32	36,92	1499	967,9	-	0,461	0,176
Standard dev.	± 0,43	± 0,46	± 2681	± 29	-	± 0,346	± 0,083

The bio-oils used for lime kiln firing showed significant differences in viscosity depending on type and supplier. Based on this, recommendations for operating procedures when firing bio-oils are given.

Lime kiln simulations comparing variables important for kiln capacity was run for light fuel oil (EO3) and an average bio-oil. Simulation cases included a case with 350°C of flue gases to the precipitator for both fuels with no water injection after the lime mud dryer and a case with the same flue gas flow to the precipitator. For both cases the simulation indicated a slightly higher capacity for bio-oil compared to light fuel oil

		<i>EO3, 350 °C to ESP</i>	<i>Bio-oil max 350 °C to ESP</i>	<i>Bio-oil, same flue gas flow to ESP</i>
Adiabatic combustion temperature	°C	2181	2195	2195
Production, t/d	%	Ref	+6	+1
Heat consumption, GJ/t lime	%	Ref	-1	-1
Flue gas velocity at kiln exit	%	Ref	+5	-1
Flue gas temperature at kiln exit	°C	Ref	+6	-3
Flue gas volume to ESP	%	Ref	+5	0

Innehåll

1	Bakgrund	9
2	Biooljor som mesaugnbränsle – källor och användning	10
2.1	Biooljor – typer och ursprung	10
2.1.1	Råtallolja och dess komponenter	10
2.1.2	Blandande fettsyror	10
2.1.3	Andra biooljor	10
3	Metod	12
4	Resultat	13
4.1	Analysresultat	13
4.2	Diskussion	14
4.2.1	Tallbeckolja, TOP	14
4.2.2	Blandande fettsyror, MFA	14
4.2.3	Råtallolja, CTO	14
4.3	Hantering och förbränning av biooljor	15
4.4	Mesaugnskapacitet med olika oljor	16
5	Slutsatser	18
5.1	Rekommendationer	18
6	Referenslista	19

1 Bakgrund

Med ökad efterfrågan på biooljor från olika industrisektorer ingår idag produkter av mer varierat ursprung och med större variation i egenskaper i bränsleförsörjningen för biooljeeldade mesaugnar. I många fall är också produktspecifikationerna inte tillräckliga med avseende på egenskaper av stor vikt för deras användning som mesaugnsbränsle. Därför har massaindustrin uttryckt ett behov att

- Utveckla förståelsen av och dokumentera nivåerna på variationer i förbränningstekniskt viktiga egenskaper inklusive värmevärde, elementaranalys och viskositet.
- Förstå hur dessa variationer hos bränslet inverkar på mesaugnsdriften.
- Få underlag för att kunna vidta åtgärder som minskar negativa konsekvenser för mesaugnsdriften inklusive
 - Rekommendationer för kravställning på biooljor vad avser kvalitet och dokumentation
 - Rekommendationer vad avser rutiner och analyser vid mottagning av leveranser av biooljor
 - Tekniska rekommendationer vad avser t ex drifrutiner och instrumentering vid användning av biooljor som mesaugnsbränsle

Mot denna bakgrund har Energiforsk uppdragit åt AFRY att undersöka och dokumentera egenskaper på de biooljor som idag används som mesaugnsbränsle av svensk massaindustri. Baserat på utvalda provresultat m a p värmevärde och elementaranalys har med hjälp av processimulering skillnader i nyckeltal för mesaugnskapacitet beräknats

- Rapporten ger vidare rekommendationer för kravställning vad avser kvalitet och dokumentation samt rutiner och analyser vid mottagning av leveranser av biooljor
- Med utgångspunkt i provresultaten ge tekniska rekommendationer vad avser tex. drifrutiner och instrumentering vid användning av biooljor som mesaugnsbränsle

2 Biooljor som mesaugnbränsle – källor och användning

2.1 BIOOLJOR – TYPER OCH URSPRUNG

2.1.1 Råtallolja och dess komponenter

Råtallolja produceras vid sulfatmassabruk baserade på huvudsakligen barrved. Genom avskiljning av extraktivämen, så kallad talloljesåpa, från svartlut följt av tvättning och surgöring av såpan erhålls råtallolja (engelska - crude tall oil (CTO)). Råtallolja kan användas direkt som mesaugnbränsle och det skedde ibland tidigare men med beskattning i bränsleanvändning och med stigande värde har detta upphört.

Råtalloljan är en komplex blandning av hartssyror, fettsyror och neutralämnena. Råtalloljan från massabruken säljs till företag som destillerar talloljan för att separera komponenterna. Traditionellt har hartssyror varit den mer eftertraktade fraktionen men på senare år har även värdet av främst fettsyror (engelska tall oil fatty acids – (TOFA)) ökat då de är en utmärkt råvara för hydrogenering till dieselbränsle, HVO, och efter krackning och isomerisering även förnybar flygfotogen (engelska sustainable aviation fuel – SAF). Neutralämnena har haft begränsat värde och har under beteckningen tallbeckolja (engelska tall oil pitch – (TOP)) använts främst som ett flytande bränsle, i allmänhet utblandat med andra fettsyror för att sänka dess annars höga viskositet. Ett antal svenska massabruk använder utblandad tallbeckolja som mesaugnbränsle.

2.1.2 Blandande fettsyror

Blandade fettsyror (engelska mixed fatty acids – MFA) är en biprodukt från biodieselindustrin. Där transesterifieras vegetabiliska eller animaliska fetter samt använd frityrolja (UCO) med metanol för att ge fettsyre-metylestrar (engelska fatty acid methyl esters – FAME). Som biprodukt erhålls då glycerin och oreagerade fettsyror. Fettsyror separeras och marknadsförs under namnet MFA. Några svenska massabruk använder MFA som mesaugnbränsle och MFA används också som inblandningskomponent i tallbeckolja, TOP.

2.1.3 Andra biooljor

Det finns ett flertal förnybara oljeprodukter som idag inte används som mesaugnbränsle men som tekniskt skulle kunna passa för detta:

Vegetabiliska eller animaliska fetter, exempelvis rapsolja, använd frityrolja (UCO) etc har bränsleegenskaper nära de nu använda biooljorna men ofta ett högre pris och, i de fall de inte räknas som en restprodukt, lägre CO₂-reduktionskoefficient.

Upparbetade pyrolysoljor från snabb pyrolys av biomassa har egenskaper relativt nära eldningsolja. Medan råvaran för framställning kan vara konkurrenskraftig är både utbytesförlusterna och kapitalkostnaderna för pyrolys och uppabetning betydande. Icke uppabetad pyrolysolja är inte ett bra mesaugnbränsle p g a sitt låga värmevärde och höga vattenhalt som avsevärt reducerar mesaugnskapaciteten.

Tabell 2-1. Approximativa egenskaper pyrolysoljor (efter BTG-BTL och Valmet)

	<i>Unit</i>	<i>Pyrolysolja</i>	<i>Avvattnad pyrolysolja</i>	<i>Pyrolys- lignin</i>	<i>Katalytisk pyrolysolja</i>
<i>Approximativ elementaranalys</i>					
<i>C</i>	vikts-%	44	52	61	
<i>H</i>	vikts-%	7,6	7,1	7,0	
<i>O</i>	vikts-%	48	42	32	10-20
<i>Vatteninnehåll</i>	vikts-%	23	12	12	
<i>Effektivt värmevärde</i>	MJ/kg	16,24	19,6	24	>35

Andra högkvalitativa biomasse- eller avfallsbaserade oljor från processer som hydrotermisk förvätskning (HTL), förgasning med Fischer-Tropsch-syntes är inriktade mot högt värderade drivmedelsapplikationer och inte aktuella för mesaugnsdrift.

3 Metod

Syftet med studien var att undersöka och dokumentera egenskaper på de biooljor som idag används som mesaugnsbränsle av svensk massaindustri. För att få en representativ bild av helheten så valdes fem bruk och en biooljleverantör ut för att delta i studien. Alla bruk hade olika leverantörer av biooljor. Provprogrammet är sammanställt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Förteckning över prover

Bioolja	Beskrivning
TOP 1 – Blandad så som levererad	Blandad tallbeckolja som levererats till bruk 1.
TOP 2 – Blandad så som levererad	Blandad tallbeckolja som levererats till bruk 2.
TOP 3 – Blandad så som levererad	Blandad tallbeckolja som levererats till bruk 3.
MFA – Blandad så som levererad	Blandade fettsyror som levererats till bruk 4.
CTO 1 – Barr	Oraffinerad tallolja från sulfatmassabruk, bara barrved.
CTO 2 – Barr & Löv	Oraffinerad tallolja från sulfatmassabruk, barr- och lövved
TOP Lev. – Oblandad från leverantör	Oblandad tallbeckolja från leverantörens process.
MFA Lev. – Oblandad från leverantör	Oblandade fettsyror från leverantörens process.

För att kunna analysera den kortsiktiga variabiliteten på levererad beckolja och MFA togs två prover från bruk 1–4 vid olika tidpunkter.

Projektdeltagarna ansvarade för provtagningen, men analyserna utfördes under kontrollerade laborieförhållanden av Eurofins Biofuel & Energy Testing Sweden AB. Analyserade bränsleegenskaper och tillämpade analysmetoder är listade i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Förteckning över analyserade bränsleegenskaper och tillämpade analysmetoder

Egenskap	Analysmetod	Resultatenhet
Värmevärde	ASG 3201	MJ/kg
Kinematisk viskositet	ASTM D7042:2021	mm ² /s
Densitet	DIN EN ISO 12185:1997	kg/m ³
Flampunkt	DIN EN ISO 3679:2023	°C
Fukthalt	DIN 51777 Verf. A:2020	% (m/m)
Askhalt	DIN EN ISO 6245:2003	% (m/m)
Kol-, väte- och kväveinnehåll	DIN 51732:2014	% (m/m)
Syreinnehåll	ASTM D5622:2017	% (m/m)
Svavelinnehåll	DIN EN ISO 20884:2022	% (m/m)
Klorinnehåll	DIN 51727 B:2011	% (m/m)

4 Resultat

4.1 ANALYSRESULTAT

Resultaten är presenterade i Tabell 4-1 och Tabell 4-2, följt av medelvärde och standardavvikelse. För prov TOP 3.2 finns inget resultat eftersom bruket bytte leverantör mitt under studien. Den nya leverantören agerade redan leverantör till ett av de andra bruken så det ansågs inte vara nödvändigt att ta ett tredje prov av samma leverantör.

Variationen för värmevärde och flampunkt är relativt låga. Större variation kan noteras för kinematisk viskositet och densitet. Den oblandade beckoljan direkt från leverantör har en kinematisk viskositet flera gånger högre än de oljor som levererats till kunder. Fukthalten har också uppmätts till noll för den oblandade beckoljan.

Tabell 4-1 Fysikaliska egenskaper

	Kalorimetriskt		Kinematisk				
	värmevärde		viskositet	Densitet	Flampunkt	Fukthalt	Askhalt
	(HHV) MJ/kg	(LHV) MJ/kg	mm ² /s	kg/m ³	°C	%-m/m	%-m/m
TOP 1.1	39,6	37,3	716	987	>130	0,145	0,193
TOP 1.2	39,5	37,1	825	988	>130	0,137	0,185
TOP 2.1	39,7	37,4	2135	998	>130	0,166	0,152
TOP 2.2	39,6	37,3	2754	1001	>130	0,144	0,215
TOP 3.1	39,3	36,5	63	926	>130	0,606	0,210
TOP 3.2	-	-	-	-	-	-	-
MFA 1*	38,9	36,4	56	927	>130	0,579	0,239
MFA 2	39,3	36,8	96	941	>130	0,637	0,100
CTO Barr	38,3	36,0	98	971	111	0,897	0,046
CTO Barr/Löv	39,2	36,8	88	956	>130	0,484	0,095
TOP Lev.	39,8	37,4	9106	1003	>130	0	0,135
MFA Lev.	39,0	36,7	546	949	>100	1,130	0,371
Medelvärde	39,32	36,92	1499	967,9	-	0,461	0,176
St. avvikelse	± 0,43	± 0,46	± 2681	± 29	-	± 0,346	± 0,083

*Provet filtrerades eftersom det fanns fasta partiklar som annars skulle ha stört analysen

Tabell 4-2 Elementaranalys

	C	H	N	O	S	Cl
	%-m/m	%-m/m	%-m/m	%-m/m	mg/kg	mg/kg
TOP 1.1	79,9	10,97	<0,5	8,9	2590	<10
TOP 1.2	79,9	11,00	<0,5	8,3	2540	14
TOP 2.1	79,8	10,82	<0,5	10,0	2990	20
TOP 2.2	79,5	10,77	<0,5	9,5	2620	15
TOP 3.1	76,9	11,84	<0,5	11,7	456	70
TOP 3.2	-	-	-	-	-	-
MFA 1*	76,5	11,69	<0,5	11,8	353	30
MFA 2	77,0	11,62	<0,5	10,6	849	126
CTO Barr	77,8	10,87	<0,5	10,9	1670	20
CTO Barr/Löv	78,2	11,14	<0,5	10,5	2020	10
Lev. TOP	80,6	10,83	<0,5	7,3	3300	12
Lev. MFA	78,1	10,95	<0,5	9,8	2460	44
Medelvärde	78,71	11,13	<0,5	9,88	2037	33,7
St. avvikelse	± 1,46	± 0,372	-	± 1,33	± 989	± 35,6

*Provet filtrerades eftersom det fanns fasta partiklar som annars skulle ha stört analysen

4.2 DISKUSSION

4.2.1 Tallbeckolja, TOP

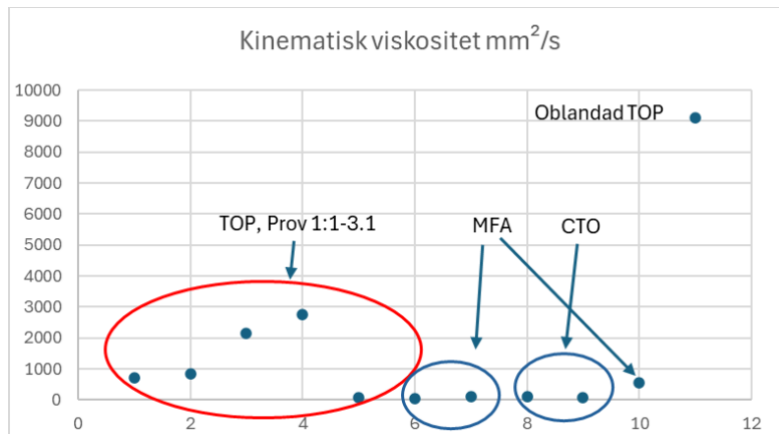
Egenskaperna hos de analyserade TOP proverna varierade en del. Den rena tallbeckoljan från leverantör visade en betydligt högre viskositet än de blandande produkterna och hade också ett högre kol- och svavelinnehåll och lägre syreinnehåll än de blandade produkter. En av de blandade tallbeckoljorna, 3.1 hade en betydligt lägre viskositet och kolinnehåll men högre syreinnehåll än de andra vilket tyder på en högre inblandning av andra biooljekomponenter än tallbeckolja.

4.2.2 Blandande fettsyror, MFA

MFA-produkterna hade något lägre värmevärde och lägre kol- och svavelinnehåll och en avsevärt lägre viskositet jämför med de typiska TOP-produkterna.

4.2.3 Råtallolja, CTO

Två prover av råtallolja analyserades, en från ren barrvedssåpa och en från ett bruk som processar både barr och lövved. Den mest påtagliga skillnaden mot en typisk TOP är den avsevärt lägre viskositeten och något lägre värmevärdet. CTO liknar på dessa punkter mer MFA.



4.3 HANTERING OCH FÖRBRÄNNING AV BIOOLJOR

System för hantering och förbränning av biooljor skiljer sig på några punkter från motsvarande system för eldningsolja:

Den sura karaktären hos biooljor kräver system i rostfritt material medan kolstål är tillräckligt för eldningsolja.

Den låga andelen flyktiga komponenter hos biooljor gör att de typiskt har en högre flampunkt och kan vara svårare att antända. Oljor med en hög andel mättade fettsyror har en högre flampunkt än sådana med högre andel omättade fettsyror¹. Alla de analyserade oljorna utom CTO från barr hade flampunkt över 130°C. Stödbränsle vid uppstart är därför ofta nödvändigt till skillnad från lätta eldningsoljor. Ett alternativt förfaringssätt är att starta ugnen på eldningsolja och först när ugnen är het gå över till bioolja.

Viskositeten hos biooljor är också väsentligt högre än för till exempel eldningsolja 3 så val av pumpar, värmeväxlare, förvärmningsnivå och brännarmunstycken måste anpassas till detta. Normalt är en högre förvärmningstemperatur än för lätta eldningsoljor önskvärd, både för att sänka viskositeten och kompensera för den högre flampunkten.

Då ett bruk använder flera leverantörer, eller olika typer av oljor, kan viskositetsvariationerna mellan olika leveranser bli stora. För att kompensera för detta kan förvärmningen av oljan justeras så viskositeten vid brännaren hålls konstant. Om det inte sker kan atomiseringen av bränslet påverkas och därigenom flamformen. En möjlighet är att mäta viskositeten in-line efter oljeförvärmningen och sedan manuellt eller automatiskt justera förvärmningstemperaturen baserat på viskositetsmätningen. In-line viskositetsmätning är vanligt förekommande vanligt bland annat för fartygsdieslar som växlar mellan olika oljekvaliteter.



**Bild 1. Exempel på viskosimeter
(Emerson MicroMotion Viscomaster)**

Svavelinnehållet i de analyserade biooljorna varierade mellan 0,04% och 0,3%. Det är på en nivå som normalt inte har någon praktisk inverkan på ugnsdriften vad avser utsläpp av SO_x eller ringbildning i ugnen.

¹ The Effect of Fatty Acid Composition on Combustion Characteristics of Vegetable Oils, Muhaji, I. N. G. Wardana, Int. Journal of Advanced Science Engineering Information technology, Vol.12 (2022) No. 1, ISSN: 2088-5334

4.4 MESAUGNSKAPACITET MED OLIKA OLJOR

För att värdera inverkan på mesaugnskapaciteten för olika biooljor användes AFRYs simuleringsprogram MesaSim. För en typisk mesaugn med flashtork för mesa beräknades kapaciteten för tre fall:

- Med eldningsolja 3 (EO3) med en rökgastemperatur efter flashtork/före elfilter på 350°C utan användning av insprutningsvatten
- Med en bioolja med medelvärdet för värmevärde och elementarallys för samtliga analyserade biooljor med samma rökgastemperatur efter flashtork/före elfilter som för EO3 utan användning av insprutningsvatten
- Med en bioolja med medelvärdet för värmevärde och elementarallys för samtliga analyserade biooljor med samma rökgasflöde till elfiltret som för fallet med EO3

Oljeanalyserna som användes för beräkningarna och det simulerade resultat är presenterade i Tabell 4-3 respektive Tabell 4-4.

Tabell 4-3 Indata till MesaSim

		EO3	EO5 ²	Bioolja
Värmevärde, effektivt	MJ/kg	42,15	42,10	36,92
C	w-%	86,40	87,10	78,71
H	w-%	13,10	12,30	11,13
O	w-%	0,38	0,60	9,88
N	w-%	0,05	0,18	0,08
S	w-%	0,07	0,30	0,20

Tabell 4-4 Simuleringsresultat

		EO3, 350 °C till elfilter	Bioolja max 350 °C till elfilter	Bioolja, samma rökgasflöde till elfilter
Adiabatisk förbränningstemperatur	°C	2181	2195	2195
Produktion, t/d	%	Ref	+6	+1
Bränsleförbrukning, GJ/t kalk	%	Ref	-1	-1
Rökgashastighet ugnsutlopp	%	Ref	+5	-1
Rökgastemperatur vid ugnsutlopp	°C	Ref	+6	-3
Rökgasvolym till elfilter	%	Ref	+5	0

² Approximerad från "Sammanställning av bränsledata, Halter och bränslenyckeltal", Naturvårdsverket rapport 5401 • December 2004, ISBN 91-620-5401-5

Vi kan se att inverkan på ugnens produktionskapacitet från användning av bioolja jämfört med eldningsolja EO3 är ganska liten men med den använda biooljeanalysen något högre för biooljan. Skillnaden blir störst då ugnen inte har vatteninsprutning efter flashtorken och rökgastemperaturen till elfiltret är den produktionsbegränsande faktorn. I det fallet ger bioolja 5% mer kapacitet.

Vi kan också se att värmeförbrukningen med bioolja är i stort sett den samma som med eldningsolja EO3.

Intressant är också att den beräknade adiabatiska förbränningstemperaturen med luft är något högre för biooljan. Det beror på det högre syreinnehållet i biooljan relativt dess värmevärde vilket resulterar i ett lägre förbränningsluftbehov.

EO5 som också ofta har använts i mesaugnar har typiskt en analys med något högre halt kol och lägre väte än EO3 men är ur kapacitetssynpunkt likvärdigt.

5 Slutsatser

Resultaten från detta arbete är en kvantitativ sammanställning av kemiska och fysikaliska egenskaper för biooljor som används som bränsle i mesaugnar inom svensk skogsindustri. Resultaten har använts för att göra simuleringar med hjälp av programmet MesaSim med avseende på kapacitet vid rökgasflödes- eller temperaturbegränsningar. Dessa resultat öppnar dörren till mer avancerad modellering och optimering av bränsleinsprutning för mesaugnar. Arbetet tydliggör variabiliteten i biooljor som används i mesaugnar och ger en indikation om vilka parametrar som bör kartläggas vid byte av mesaugnsbränsle, detta eftersom vissa fysikaliska egenskaper, så som densitet och viskositet, kan ha praktisk inverkan på bränslehantering, brännare och bränsleatomisering.

Ren tallbeckolja kan vara problematisk att bruka som bränsle på grund av hög viskositet. I diskussion med leverantör har det framkommit att det som levereras till kunder är en blandning av inte bara tallbeckolja men också andra biooljor eftersom man vill uppnå specifika bränsleegenskaper, till exempel för att underlätta hantering och bränsleinmatning.

Då ett bruk använder flera leverantörer, eller olika typer av oljor, kan viskositetsvariationerna mellan olika leveranser bli stora. För att kompensera för detta kan förvärmningen av oljan justeras så viskositeten vid brännaren hålls konstant. En högre förvärmning av biooljor kan också vara önskvärt då deras flampunkt oftast är högre än för fossila lätta eldningsoljor.

5.1 Rekommendationer

För att säkerställa en stabil och problemfri mesaugnsdrift med avseende på kvalitet på den använda biooljan kan baserat på den information som erhållits genom vårt arbete följande rekommendationer ges:

- För varje kvalitet bioolja som mottas begära och granska produktdatablad som beskriver deras egenskaper och om det är skillnad mot tidigare använd olja göra mesaugnsoperatörerna medvetna om detta. Värmevärde, ask- och vatteninnehåll, viskositet och flampunkt är viktiga egenskaper som bör finnas med i produktspecifikationen.
- Stickprovsmässigt låta göra egna externa analyser för kontrollera att leveranser som tas emot möter den angivna kvaliteten.
- Om en oljetank används för flera oljekvaliteter med avsevärt olika egenskaper, till exempel med avseende på viskositet, är det viktigt att övergången mellan kvaliteterna sker på ett kontrollerat sätt, till exempel genom att omrörning av tanken genom rundpumpning och att operatörerna är väl medvetna om när kvalitetsändringen sker
- En viskositetsmätare kan vara ett sätt att fånga upp ändringar i oljekvalitet och för att justera förvärmningstemperaturen så att konstant viskositet vid brännarmunstycket bibehålls.

6 Referenslista

1. The Effect of Fatty Acid Composition on Combustion Characteristics of Vegetable Oils, Muhaji, I. N. G. Wardana, Int. Journal of Advanced Science Engineering Information technology, Vol.12 (2022) No. 1, ISSN: 2088-5334
2. Sammanställning av bränsledata, Halter och bränslenyckeltal, Naturvårdsverket rapport 5401 • December 2004, ISBN 91-620-5401-5

INVERKAN PÅ MESAUGNSDRIFT AV VARIBILITET I EGENSKAPER HOS BIOOLJOR

Med ökad efterfrågan på biooljor från olika industrisektorer ingår idag produkter av mer varierat ursprung och med stor variation i egenskaper i bränsleförsörjningen för biooljeeldade mesaugnar. I många fall är produktspecifikationerna inte tillräckliga vad det gäller att redovisa egenskaper som är viktiga för användning av biooljan som mesaugnsbränsle.

I den här studien analyserades biooljor använda vid svenska massabruk inklusive blandad tallbeckolja (TOP) och blandade fettsyror (MFA) med avseende på egenskaper för bränslets funktion vid användning som mesaugnsbränsle. Råtallolja (CTO) från två bruk analyserades också liksom oblandad tallbeckolja.

Resultaten visade på betydande variationer, främst viskositet mellan de olika biooljorna. Processsimuleringar visade bland annat att bioolja typiskt har potentialen att ge en något högre produktionskapacitet jämfört med eldningsolja EO₃.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

