



LUND UNIVERSITY

Bioolja från befintliga kraftvärmeverk-en systemstudie

Sammanfattning av ett forskningssamarbete mellan Lunds Tekniska Högskola, Karlstad universitet och Krafringen Energi

Björnsson, Lovisa; Gustavsson, Christer; Pettersson, Malin; Börjesson, Pål; Ottosson, Peter; Samuelsson, Jörgen

2021

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Björnsson, L., Gustavsson, C., Pettersson, M., Börjesson, P., Ottosson, P., & Samuelsson, J. (2021). *Bioolja från befintliga kraftvärmeverk-en systemstudie: Sammanfattning av ett forskningssamarbete mellan Lunds Tekniska Högskola, Karlstad universitet och Krafringen Energi*. (Rapport 123 uppl.) Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

6

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LOVISA BJÖRNSSON, CHRISTER GUSTAVSSON, MALIN PETTERSSON,
PÅL BÖRJESSON, PETER OTTOSSON & JÖRGEN SAMUELSSON

BIOOLJA FRÅN BEFINTLIGA KRAFTVÄRMEVERK – EN SYSTEMSTUDIE

SAMMANFATTNING AV ETT FORSKNINGSSAMARBETE MELLAN
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA, KARLSTAD UNIVERSITET
OCH KRAFTRINGEN ENERGI



LUNDS
UNIVERSITET

Projektet "Integrerad produktion av pyrolysolja i befintliga kraftvärmeverk – En systemstudie" har genomförts 2018-2021 inom Energi-myndighetens program "Biokraft – el och värme från termisk omvandling av biobränsle och avfall".

Här presenteras bakgrundsfakta och slutsatser som - om ingen annan källa anges - baseras på projektets vetenskapliga publikationer:

Björnsson, L., Pettersson, M., Börjesson, P., Ottosson, P. & Gustavsson, C. (2021) Integrating bio-oil production from wood fuels to an existing heat and power plant - evaluation of energy and greenhouse gas performance in a Swedish case study. *Accepted for publication. Sustainable Energy Technologies and Assessments*

Börjesson, P. (2021) Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering. Rapport Nr 121, Miljö- och energisystem, Lunds Universitet

Börjesson, P. (2021) Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion. *Manuscript*. Rapport. Miljö- och energisystem, Lunds Universitet

Pettersson, M., Olofsson, J., Börjesson, P., Björnsson, L. Climate benefit of launching novel bio-oil production in a combined heat and power plant – calculation using the EU Innovation fund methodology. *Manuscript*.

Samuelsson, J & Gustavsson, C. Fractionation of bio-oil. *Manuscript*.



FOTO: PETER DUVANDER



Projektgruppen har bestått av (från överst vänster) Lovisa Björnsson (LTH, Lunds Universitet, projektledare), Christer Gustavsson (Karlstad Universitet), Jörgen Samuelsson (Karlstad Universitet), Peter Ottosson (Krafringen Energi AB), Pål Börjesson (LTH, Lunds Universitet) och Malin Pettersson (LTH, Lunds Universitet).

Projektet (projektnummer 46462-1) har finansierats av Energimyndigheten och Krafringen Energi AB.



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
RAPPORT NR 123, JUNI 2021

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--21/30114--SE + (1-20)
ISBN 978-91-86961-49-7

© BJÖRNSSON, GUSTAVSSON, PETERSSON, BÖRJESSON,
OTTOSSON & SAMUELSSON 2021
FORMGIVNING & ILLUSTRATIONER: JOHAN CEDERVALL
FOTO, OMSLAG (UTSIDA): PETER DUVANDER
FIGUR 4: FRIDA NILSSON, MEDIATRYCK

BIOOLJA FRÅN BEFINTLIGA KRAFTVÄRMEVERK

Samhällets pågående omställning mot minskade utsläpp av växthusgaser kräver bland annat stora mängder fasta biobränslen och flytande biodrivmedel. Den svenska biobränslepotentialen domineras av bi- och restprodukter från skogen, som sågspån från sågverken och grenar och toppar (sk grot) från avverkning av skog. Att omvandla trä till flytande bränslen med hög omvandlingseffektivitet är utmanande, och kräver kommersialisering av ny och innovativ teknik. Behovet av flytande biodrivmedel i transportsektorn har därför hittills framför allt tillgodosetts genom import. Ett utökat och resurseffektivt utnyttjande av den inhemska potentialen av biomassa från skogen skulle kunna vara en viktig komponent i att nå både målet om ett fossilfritt samhälle och mål om miljömässig hållbarhet och spårbarhet för råvaran.

Kraftvärmesektorn är i stora delar redan fossilfri och hanterar redan idag inhemska fasta biobränslen från skogen. I befintliga kraftvärmeverk finns potential för ökad nyttjandegrad av anläggningen, en befintlig infrastruktur för bränslehantering och möjlighet till värmeavsättning i fjärrvärmenät. Detta skapar förutsättningar för att i tillägg till el och värme komplettera med processer för produktion av flytande energibärare från inhemska, spårbara och hållbara biobränslen från skogen.

I denna skrift sammanfattas ett forskningsprojekt där möjligheten att vidareutveckla en befintlig kraftvärmeanläggning genom integrerad produktion av pyrolysolja undersökts. Vi har ställt oss frågor som: Kan vi åstadkomma inhemsk produktion av flytande bränsle från skogsbaserade fasta biobränslen genom att kraftvärmeproduktion kombineras med pyrolysoljeproduktion? Kan detta förbättra konkurrenskraften för kraftvärmeverket vid ett framtida vikande behov av fjärrvärme inom bostadssektorn? Vad innebär möjligheten att bli producent av pyrolysolja både för egen förbrukning och för andra marknader som transportsektorn, för kraftvärmeverket och för klimatet?

SAMHÄLLET'S OMSTÄLLNING TILL NETTONOLLUTSLÄPP 2045

Vägen mot ett fossilfritt samhälle styrs i Sverige genom det klimatpolitiska ramverket, där det övergripande målet är nettonollutsläpp av växthusgaser senast år 2045. Sveriges totala utsläpp av växthusgaser kan grovt delas in i två delar: utsläpp som sker utanför EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) och utsläpp från de verksamheter som ingår i handelssystemet.

Inhemska transporter ligger utanför EU ETS, och omställningen styrs genom nationella etappmål. Målet är att växthusgasutsläppen ska ha minskat med 70 % till 2030, jämfört med 2010. Omställningen i transportsektorn släpar dock efter andra sektorer i Sverige; fossila bränslen dominerar fortfarande, och denna sektor står för 1/3 av de svenska växthusgasutsläppen. Utsläppsminskningen fram till 2019 har varit 17 %, och bedömningen är 2030-målet inte kommer att nås¹. En av mekanismerna för att minska utsläppen är en reduktionsplikt, vilket innebär att minskade växthusgasutsläpp från drivmedelsanvändning uppnås genom ökande inblandning av biodrivmedel med låga växthusgasutsläpp i fossil diesel och bensin. Detta bygger på att stora mängder flytande biodrivmedel finns tillgängliga, och risken för ökande priser och brist i tillgång bedöms som stor².

Biodrivmedel stod 2019 för 22 % av energianvändningen (20,1 TWh) i den svenska transportsektorn. Inhemskt producerade biodrivmedel baseras huvudsakligen på restprodukter och avfall, som t ex tallolja för biodieselproduktion och matavfall och gödsel för biogasproduktion, men stod endast för 2,3 TWh. Huvudelen är importerade, och råvarorna som dominerar är grödor och oljepalm (Figur 1). Grödobaserade biodrivmedel har generellt sett högre växthusgasutsläpp än de som produceras från restprodukter från t ex skogen, och politiska beslut är tagna för att fasa ut palmolja som råvara till biodrivmedel till år 2030. Energimyndigheten pekar därför på vikten av att öka den inhemska produktionen av biodrivmedel baserade på inhemska hållbara biomassa som restprodukter och avfall³. Samtidigt bedöms konkurrensen om hållbara inhemska biomassaresurser successivt öka när allt fler sektorer och branscher ökar omställningstakten mot fossilfrihet. För att minska denna konkurrens krävs en utveckling mot ökad effektivitet både vid omvandling och användning av biomassabaserade energibärare och råvaror.

Större anläggningar inom industri, el och fjärrvärmeproduktion ingår i EU ETS. Här sätts inga nationella etappmål utan EUs reduktionstakt styr utsläppsminskningen. Målen för utsläppsminskningar inom EU har dock bedömts som otillräcklig för att nå de svenska klimatmålen till 2045⁴. Här kan istället lokala/regionala mål driva utvecklingen mot fossilfritt, och fjärrvärmesektorn har redan idag mycket låga växthusgasutsläpp tack vare den omställning som redan skett från fossila bränslen till biobränslen. En fortsatt utveckling av fjärrvärmesektorn kan därför alltmer komma att påverkas av styrmedel inom andra sektorer som t ex transportsektorn via reduktionsplikten.

1 NATURVÅRDSVERKET'S UNDERLAG TILL KLIMATREDOVISNING ENLIGT KLIMATLAGEN. SKRIVELSE 2021-03-29. ÄRENDE NV-09092-20. NATURVÅRDSVERKET, STOCKHOLM.

2 KLIMATPOLITISKA RÅDET, ÅRSRAPPORT 2021. RAPPORT NR 4. KLIMATPOLITISKA RÅDET, STOCKHOLM.

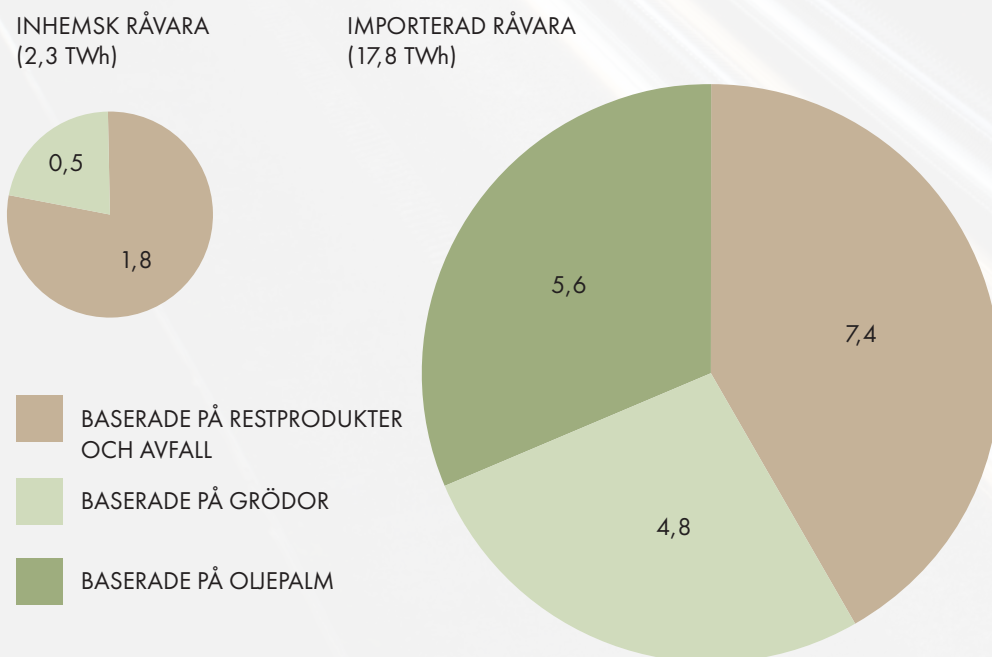
3 PRODUKTION AV BIODRIVMEDEL SKA FRÄMJAS. PRESSMEDDELANDE REGERINGSKANSLIET 2020-11-05. [HTTPS://WWW.REGERINGEN.SE/PRESSMEDDELANDEN/2020/10/PRODUKTION-AV-BIODRIVMEDEL-SKA-FRAMJAS/](https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/10/produktion-av-biodrivmedel-ska-framjas/) [2021-05-18]

4 KLIMATPOLITISKA RÅDET, ÅRSRAPPORT 2021. RAPPORT NR 4. KLIMATPOLITISKA RÅDET, STOCKHOLM.

VAD MENAS MED NETTONOLLUTSLÄPP?

Riksdagen har beslutat att klimatmålet kan nås genom att vi dels kraftigt minskar utsläppen inom Sveriges gränser. Utsläppen av växthusgaser ska år 2045 vara minst 85 procent lägre än år 1990. Resterande utsläpp ska kompenseras genom så kallade kompletterande åtgärder, som t ex ett ökat nettoupptag av koldioxid i skog och mark eller genom att vi avskiljer och lagrar koldioxid som kommer från förbränning av biomassa, s.k. bio-CCS (carbon capture and storage).

FIGUR 1. BIODRIVMEDELSANVÄNDNINGEN I SVERIGE 2019 (20,1 TWh)
UPPDELAD PÅ RÅVARUTYP OCH URSPRUNG⁵



⁵ ENERGIMYNDIGHETEN (2020) DRIVMEDEL 2019. ER 2020:26. STATENS ENERGIMYNDIGHET, ESKILSTUNA.

KRAFTVÄRMEBOLAGETS PERSPEKTIV

Den ökande användningen av biobränslen från skogen i kraftvärmeverk kombinerat med utbyggda fjärrvärmenät har varit viktigt för omställningen från fossila bränslen i den svenska värmesektorn. Växthusgasemissionerna för uppvärmning av bostäder har i Sverige minskat med 90 % mellan 1970-2014, och är idag lägst i EU⁶. Samtidig produktion av el och värme innebär ett högt energiutnyttjande av tillfört bränsle. Det totala svenska värmebehovet i bostäder förväntas dock vara 20 % lägre 2050 än idag på grund av klimatförändringar, installation av värmepumpar och energieffektiviseringar⁷. Beroendet av en krympande lokal värmemarknad skulle därför kunna resultera i framtida underutnyttjande av befintliga kraftvärmeinvesteringar, och riskerar att leda till att även elproduktionen minskar. Ett sätt att undvika detta är att integrera innovativa värmebaserade processer med befintliga kraftvärmeverk. Så kallad snabb pyrolys har tekniskt sett många likheter med förbränning vilket kan underlätta ombyggnation och installation i befintliga anläggningar.

Relevansen i detta projekt ligger dels i kraftvärmebolagets ökade möjligheter att utnyttja befintlig investering och infrastruktur via en diversifierad produktportfölj och ökad utnyttjandegrad, och dels i att på nationell nivå uppnå ett mer resurseffektivt utnyttjande av den inhemska biomassapotentialet.

Möjligheten att integrera produktion av pyrolysolja i befintliga kraftvärmeverk har utvärderats ur nationellt perspektiv, och de knappt 100 kraftvärmeverk i Sverige som kan vara tekniskt lämpliga för samproduktion skulle kunna bidra med en årsproduktion på cirka 5 miljoner ton, eller 22 TWh pyrolysolja^{8,9}. Vidare kunskap måste dock byggas fall för fall, och detta projekt utgår från en fallstudie som ska bidra till kunskap om potentialen att integrera pyrolysoljeproduktion i befintlig kraftvärmeproduktion.

6 BERTELSEN, N., MATHIESEN, B. V. (2020) EU-28 RESIDENTIAL HEAT SUPPLY AND CONSUMPTION: HISTORICAL DEVELOPMENT AND STATUS. ENERGIES, 13: 1894.

7 ENERGIMYNDIGHETEN (2019) 100 PROCENT FÖRNYBAR EL: DELRAPPORT 2 – SCENARIER, VÄGVAL OCH UTMANINGAR. ER 2019-06. STATENS ENERGIMYNDIGHET, ESKILSTUNA.

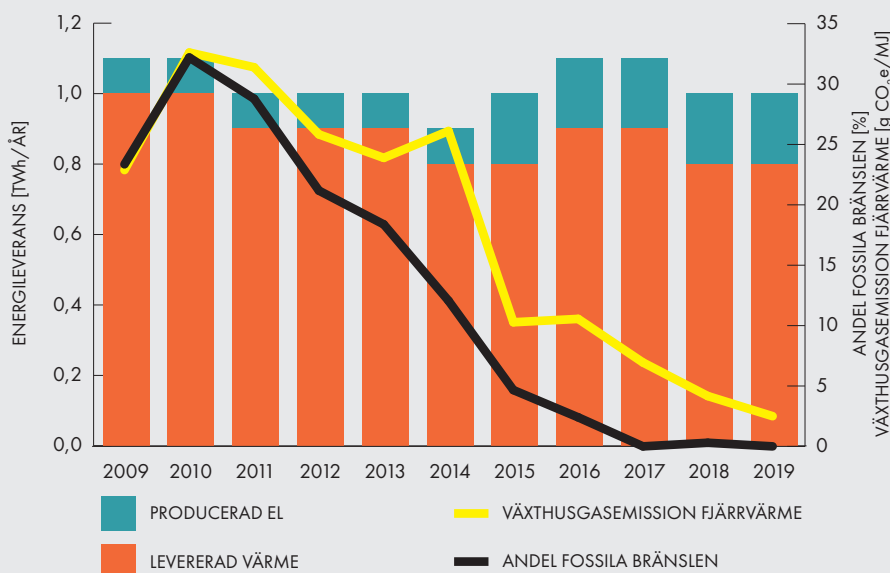
8 GUSTAVSSON, C. (2016) ADDED VALUE FROM BIOMASS BY BROADER UTILIZATION OF FUELS AND CHP PLANTS. AVHANDLING, KARLSTAD UNIVERSITET.

9 ENERGIINNEHÅLLET I BIOMASSA ELLER BIOOLJA ANGES GENOMGÅENDE I DENNA RAPPORT SOM LÄGRE VÄRMEVÄRDET FÖR TORR BIOMASSA

FALLSTUDIE: ÖRTOFTA KRAFTVÄRMEVERK

Örtofta kraftvärmeverk (KVV) är ett av Sydsveriges största, och drivs av det kommunalägda bolaget Kraftringen Energi. Örtofta KVV, som togs i drift 2014, var en viktig del i bolagets omställning till fossilfri fjärrvärme och bidrar idag med ca ½ av värmen i fjärrvärmenätet (Lund-Lomma-Eslöv). I Figur 2 visas levererad fjärrvärme och el (vänster axel) samt andelen fossila bränslen och växthusgasemissionen för levererad värme (höger axel) för fjärrvärmenätet som helhet¹⁰. Investeringen i Örtofta KVV gjorde att bolaget kunde uppnå målet om fossilfrihet redan 2017, några år innan målåret 2020. Växthusgasemissionerna för den levererade fjärrvärmen är idag mycket låga.

FIGUR 2. ENERGILEVERANS, ANDEL FOSSILA BRÄNSLEN OCH KLIMATPRESTANDA I KRAFRINGEN ENERGIS FJÄRRVÄRMENÄT 2009-2019



Redan till 2030 förutses värmeunderlaget i Kraftringen Energis fjärrvärmenät ha minskat med ca 10 %. Förutom utmaningen i att hantera en krympande lokal fjärrvärmemarknad är denna anläggning idag endast i drift 2/3 av året, då värmebehovet är som störst. Att integrera en ny värmebaserad process som pyrolys skulle alltså kunna vara ett sätt att både utnyttja framtida överkapacitet för värmeproduktion under värmesäsongen samt att utöka driftstiden (utan fjärrvärmeleverans) under den tid anläggningen normalt sett inte är i drift.

De frågeställningar vi ville besvara genom fallstudien var:

- Är produktion av pyrolysolja tekniskt möjlig vid Örtofta KVV och hur påverkar förlängd drifttid eller framtida vikande fjärrvärmeunderlag denna möjlighet?
- Hur påverkar produktionen av pyrolysolja nuvarande el- och värmeproduktion, både vad gäller extern leverans ut på nätet och växthusgasemissioner?
- Har pyrolysoljan så låga växthusgasemissioner att den blir attraktiv som biodrivmedelsråvara i jämförelse med andra alternativ på marknaden?

¹⁰ ENERGIFÖRETAGEN (2020) MILJÖVÄRDERING AV FJÄRRVÄRME. [HTTPS://WWW.ENERGIFORETAGEN.SE/STATISTIK/FJARRVARMESTATISTIK/](https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/)
MILJÖVÄRDERING-AV-FJARRVÄRME/ [2021-04-07]

BIOBRÄNSLE FRÅN SKOGEN

Inom projektet gjordes en bred analys av möjlig framtida tillgång på olika typer av biobränslen från skogen, nationellt och regionalt. Syftet var att bestämma vilka skogsbränslen som kunde vara relevanta att undersöka, samt att bestämma variationen i den regionala tillgången som bakgrund till projektets scenariobyggande.

I Sverige bedöms den långsiktigt hållbara tillförselpotentialen av skogsbaserad biomassa kunna öka med till cirka 27–37 TWh till 2030, och med 34–45 TWh till 2050, när hänsyn tas till ekologiska, tekniska och ekonomiska restriktioner. Detta kan jämföras med dagens användning av skogsbaserad biomassa i fjärrvärmesektorn som 2017 uppgick till 22 TWh¹¹. Majoriteten av den ökade tillförselpotentialen, drygt 50 %, utgörs av grenar och toppar (grot) från slutavverkning på produktiv skogsmark medan biprodukter inom skogsindustrin (bark, sågspån och lignin) utgör 25–30 % och 15–20 % utgörs av klen och skadad rundved. Osäkerheten i faktiskt tillgängliga mängder 2030 och 2050 beror på olika faktorer beroende på bränsletyp.

EKOLOGISK HÄNSYN

Uttaget av grot sker efter avverkning och cirka en fjärdedel av groten antas alltid lämnas kvar på de hyggen där grotuttag sker. Vid ett framtida ökat uttag antas grotuttag ske på maximalt 50 % av den produktiva skogsarealen för att säkerställa biologisk mångfald, långsiktig markbördighet mm. Det är med andra ord enbart en begränsad andel grot som utnyttjas för energiändamål.

KLIMATFÖRÄNDRINGAR

Rundved avser stammen på trädet, som normalt inte används för energiändamål utan används som råvara för produktion av pappersmassa och sågat timmer. Skadad rundved förväntas dock bli allt vanligare i takt med klimatförändringarna, som leder till ökade insektsangrepp (t ex granbarkborre) och stormskador. Dessutom finns rötskadad rundved som inte kan användas av skogsindustrin utan blir energived.

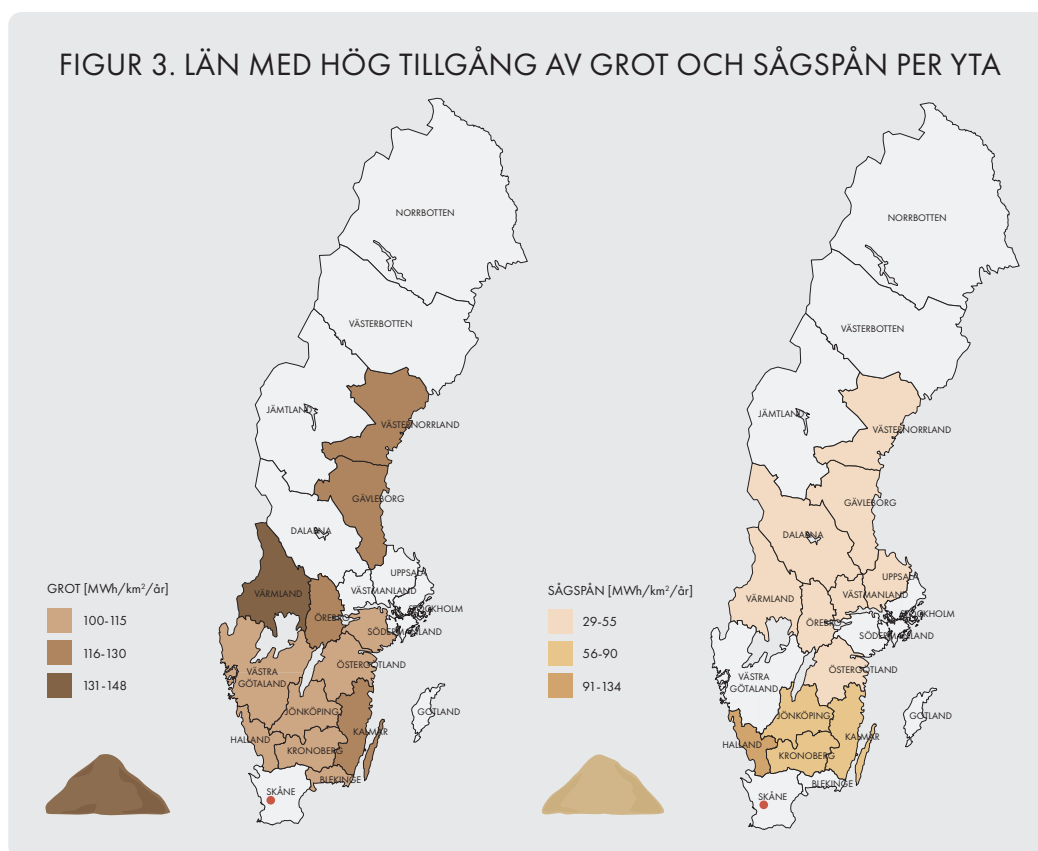
ENERGIEFFEKTIVISERING OCH FÖRÄNDRAD PRODUKTPORTFÖLJ

Tillgången på biprodukter från skogsindustrin för energiändamål bestäms framför allt av det interna behovet av energi inom massabruk och sågverk samt energieffektiviseringstakten inom dessa industrier som bedöms ligga mellan 1–3 % per år. Det interna behovet av energi förändras också med en förändrad produktportfölj och förädlingsgrad (t ex övergång från tryckpapper till förpackningsmaterial, förädling av sågat virke till korslimmat trä osv). En bedömning är dock att alltmer biprodukter från skogsindustrin kan frigöras och användas externt tack vare ökade ekonomiska drivkrafter för energieffektiviseringar och ökad efterfrågan på biprodukter som råvara för biodrivmedel.

¹¹ PETERSSON, M., BJÖRNSSON, L. & BJÖRJESSON, P. (2020) RECYCLING OF ASH FROM CO-INCINERATION OF WASTE WOOD AND FOREST FUELS: AN OVERLOOKED CHALLENGE IN A CIRCULAR BIOENERGY SYSTEM. BIOMASS & BIOENERGY, 142: 105713.

REGIONAL TILLGÅNG

Den aktuella geografiska tillgången på rest- och biprodukter från skogsbruk och skogsindustri skiljer stort mellan olika län i Sverige. Ett antal geografiska platser och områden utkristalliserar sig där den sammantagna uttagspotentialen av skogsråvara dividerat med länets yta är speciellt stor och lämpar sig för lokalisering av storskaliga och kostnadseffektiva produktionsanläggningar för t ex bioolja. I Figur 3 visas de län som har en årlig tillgång per yta av grot och sågspån som är högre än det svenska snittet, som är 94 MWh/km²/år respektive 25 MWh/km²/år. Observera att figuren visar bruttotillgång, d v s inklusive dagens eventuella användning av respektive råvara.



SKOGSBRÄNSLEN I DETTA PROJEKT

Sågspån är välstuderat för pyrolys och inkluderades som råvara även i denna studie. Grot bedömdes som en annan viktig råvara eftersom potentialen i Sverige är stor. Anläggningslokaliseringen var i denna studie given (markerat med en röd punkt i kartorna), och ökad tillförsel av inhemsk skogsråvara för pyrolys vid Örtofta KVV antogs komma från de sex sydligaste länen, d v s Skåne, Blekinge, Halland, Kronoberg, Kalmar och Jönköping. Dessa län omfattar en areal på 4,9 miljoner hektar, varav 60 % är beskogat, och i länen finns 42 sågverk. Grotpotentialen i denna region motsvarar 4 800 GWh/år och den totala sågspånstillgången motsvarar 3 300 GWh/år.

INTEGRERAD PYROLYS- OLJEPRODUKTION VID ÖRTOFTA KRAFTVÄRMEVERK

MODELLBERÄKNINGAR OCH OBSERVATIONER

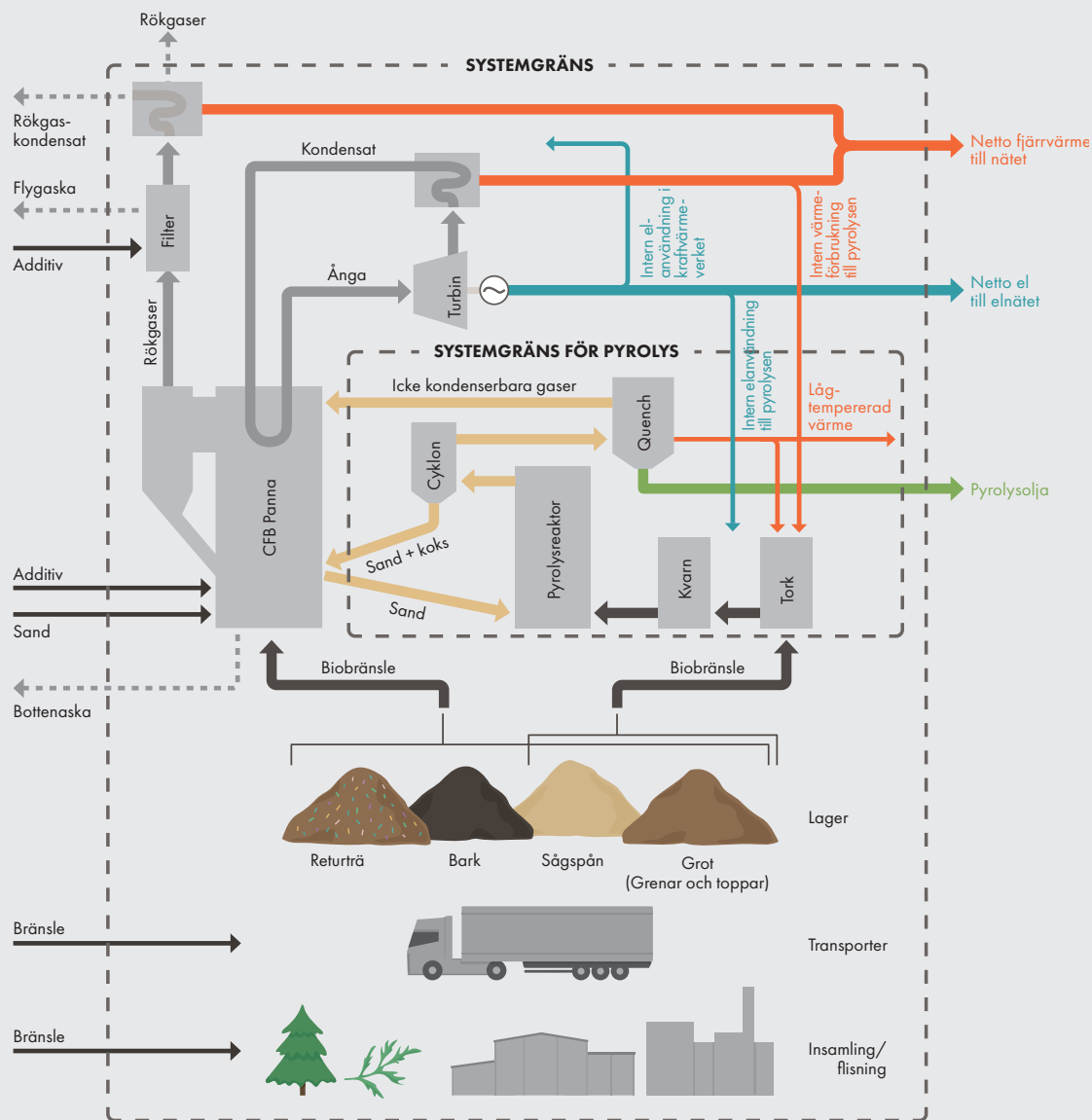
En modell för systemet med integrerad pyrolysoljeproduktion sattes upp, och verifierades mot driftsdata i nuvarande produktion vid Örtofta KVV. Figur 4 visar huvudkomponenterna i dagens system samt de tillagda enheterna för pyrolysoljeproduktionen.

I dagens produktion används en bränslemix bestående av bark, returträ, sågspån och grot. Inom fjärrvärmenätet används även en viss mängd flytande biobränslen. I de spetslastpannor som körs under årets kallaste dagar används årligen ca 60–70 GWh biooljor. Pyrolysdelen antogs tillföras antingen sågspån eller grot. Två storlekar på pyrolysenheten utvärderades och kallas här liten och stor produktion. Vid liten produktion var avsikten att ersätta det interna behovet av biooljor vid spetslast med pyrolysolja. Målet här var att säkra företagets fossilfria fjärrvärmeproduktion i en framtid med stor konkurrens på biooljor. För stor produktion sattes taket vid det antal bränsletransporter som tillåts inom ramarna för nuvarande miljötillstånd, och målet var här en extern försäljning av pyrolysolja. För stor produktion utvärderades även användning under den period (sommartid) där det idag är driftuppehåll.

Det integrerade systemet har potential att uppfylla tre syften, dels ge utökad värmesänka för kraftvärmeproduktionen, dels möjliggöra utökad användning (förlängd drifttid) av befintlig infrastruktur och logistikkedjor och slutligen att producera en flytande energibärare, både för intern användning och som råvara till drivmedelsindustrin. Det primära syftet med Örtofta KVV är dock att leverera fjärrvärme med lågt klimatavtryck, och detta får inte äventyras. Det var därför viktigt att studera potential och klimatprestanda för den producerade biooljan, men samtidigt säkerställa kraftvärmeoperatörens kärnverksamhet och huvudsyfte.

Beräkningarna baserades på att 59 % (grot) – 63 % (sågspån) av det tillförda bränslet kunde utvinnas som pyrolysolja. Den fasta resten från pyrolysen (koks, biokol) och gasfasen antogs här återföras till pannan för förbränning, och bidrog till kraftvärmeproduktionen, men kan tekniskt sett även plockas ut för andra tillämpningar.

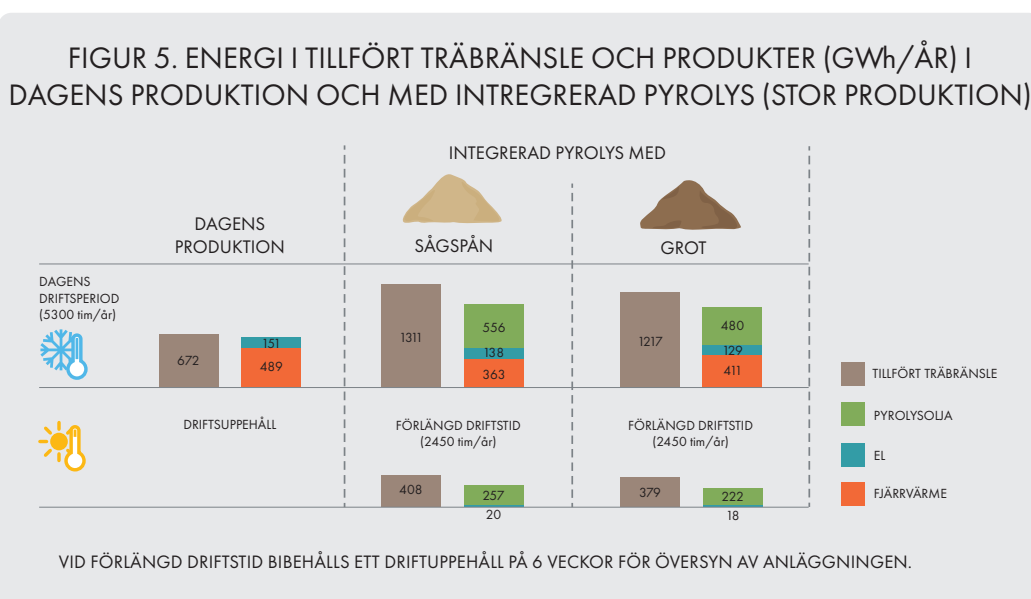
FIGUR 4. SCHEMATISK BILD AV DET UNDERSÖKTA SYSTEMET



BRÄNSLEEFFEKTIVITET OCH BIOOLJEPRODUKTION

I fallet med stor produktion och förlängd driftstid (Figur 5) uppgår årsproduktionen av pyrolysolja till 700 GWh från grot och drygt 800 GWh från sågspån. Användningen av skogsbränsle (inklusive bränsle till pannan) motsvarar 27 % (grot) respektive 40 % (sågspån) av den regionala potentialen.

Integrerad pyrolys under vinterperioden, dvs med samtidig leverans av fjärrvärme och el, ger ett nettoutbyte av energibärare som motsvarar 80–81 % av bränslets energiinnehåll. Vid förlängd driftstid under sommarperioden finns inget fjärrvärmebehov, pannan levererar endast värme till pyrolysenheten. Nettoutbytet av pyrolysolja och el blir här 63 - 70 %. Möjligheten till förlängd driftstid måste alltså vägas mot en lägre energieffektivitet i bränsleanvändning.



Fjärrvärmeleveransen vid integrerad pyrolys minskar med 16–26 % jämfört med dagens produktion. Örtofta KVV står idag för drygt halva värmeleveransen i Krafringens fjärrvärmenät, och med en förväntad minskning på 10 % av fjärrvärmebehovet i nätet som helhet till 2030 kan en sådan minskning på sikt vara önskvärd.

VARFÖR OLIKA METODER FÖR BERÄKNINGAR AV VÄXTHUSGASER?

I Figur 6 visas värden på växthusgasutsläpp beräknade enligt "alternativproduktionsmetoden", vilket är den metod som används för viss nationell rapportering och statistik i fjärrvärmesektorn (t ex för de värden som visas i Figur 2)¹². I vårt arbete har vi även gjort beräkningar enligt metoden som specificeras i EUs förnybartdirektiv (EU RED)¹³. Dessa är viktiga i rapportering till EU och används även i vissa nationella styrmedel, som inom den svenska reduktionsplikten för biodrivmedel. Den huvudsakliga skillnaden mellan dessa metoder ligger i hur växthusgasemissionen för systemet som helhet fördelas (allokeras) mellan de olika energibärarna, och skillnaderna i slutresultat per energibärare blir små.

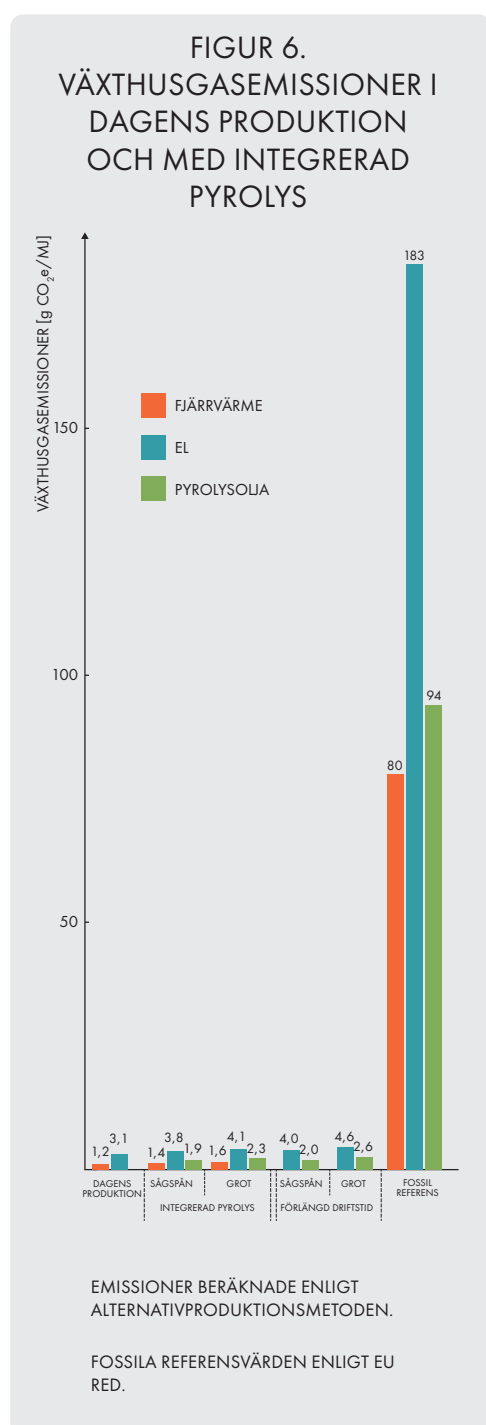
¹² ENERGIFÖRETAGEN (2019) MILJÖVÄRDERING 2019. GUIDE FÖR ALLOKERING I KRAFTVÄRMEVERK OCH FJÄRRVÄRMENS ELANVÄNDNING. SWEDENERGY-ENERGIFÖRETAGEN, STOCKHOLM.

¹³ DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 11 DECEMBER 2018 ON THE PROMOTION OF THE USE OF ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES (EU RED)

VÄXTHUSGASEMISSIONER

FJÄRRVÄRME

I Figur 6 visas växthusgasemissionerna (som anges i koldioxidekvivalenter, CO₂e) vid dagens produktion, som är mycket låga, 98 % lägre än det fossila referensvärdet för värme som anges i EU RED. Vid integrerad pyrolys ökar emissionen något lite för levererad fjärrvärme, till 1,4–1,6 g CO₂e/MJ. Förändringen är dock mycket liten, utsläppsminskningen är fortfarande 98 % jämfört med det fossila referensvärdet, och anses inte äventyra den idag goda klimatprestandan i fjärrvärmenätet som 2019 låg på 2,5 g CO₂e/MJ (Figur 2).



PYROLYSOLJA

Växthusgasemissionen för pyrolysolja ligger mellan 1,9–2,6 g CO₂e/MJ (Figur 6). Emissionen ökar något när drifttiden förlängs eftersom den överskottsvärme som produceras sommartid inte används, men är fortfarande mycket låg. När beräkningen istället utförs enligt metoden i EU RED landar emissionen på 2,9–3,1 g CO₂e/MJ. Ambitionen i den svenska reduktionsplikten är att vi ska ha tillgång till biodrivmedel med emissioner kring 9 g CO₂e/MJ¹⁴ vilket motsvarar en utsläppsminskning på 90 % jämfört med det fossila referensvärdet för biodrivmedel.

Pyrolysolja har en komplex kemisk sammansättning, och innehåller en hög andel syre, och vidareförädling genom vätgasbehandling (hydrodeoxygenering) krävs. Vidareförädling av pyrolysolja finns idag inte etablerat i kommersiell skala, men baserat på studier i pilotskala och under förutsättning att vätgasen är fossilfri (t ex producerad med hjälp av förnybar metan eller förnybar el) får vi en slutprodukt (biojet, biodiesel) med en emission på under 10 g CO₂e/MJ¹⁵. Pyrolysoljan har alltså ur växthusgasperspektiv förutsättningar att bli attraktiv som råvara för biodrivmedelsproduktion, och kan bidra till att uppnå klimatmålen i transportsektorn.

14 REGERINGEN (2020) REDUKTIONSPLIKT FÖR BENSIN OCH DIESEL – KONTROLLSTATION 2019. PROP. 2020/21:180. [HTTPS://WWW.REGERINGEN.SE/RATTSLIGA-DOKUMENT/PROPOSITION/2021/04/PROP-202021180/](https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2021/04/prop-202021180/)

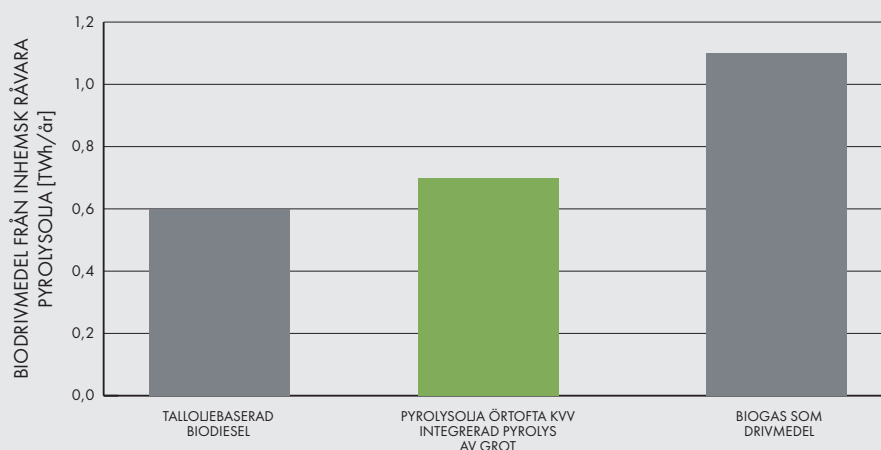
15 BJÖRNSSON, L. & ERICSSON, K. (2021) EMERGING TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF BIOJETFUELS FROM FORESTRY RESIDUES – WILL GREENHOUSE GAS REDUCTION MEET EUROPEAN AND SWEDISH POLICY REQUIREMENTS? MANUSCRIPT IN PREPARATION.

AVSÄTTNING FÖR BIOOLJAN

STOR PRODUKTION

Mängden pyrolysolja vid stor produktion (Figur 5) skulle kunna ge ett betydande bidrag till den inhemska biodrivmedelsproduktionen. Figur 7 visar exemplet på stor produktion från grot i jämförelse med de inhemska biodrivmedel baserade på avfall och restprodukter som användes 2019 i den svenska transportsektorn¹⁶. Att utnyttja 27 % av tillgänglig grotpotential i regionen för integrerad pyrolys i Örtofta KVV, kan bidra med drivmedelsråvara i samma storleksordning som dagens användning av talloljebaserad biodiesel eller avfallsbaserad biogas.

FIGUR 7. FALLSTUDIENS PRODUKTION AV PYROLYSOLJA I RELATION TILL DAGENS ANVÄNDNING AV INHEMSKA BIODRIVMEDEL (TWh/ÅR)



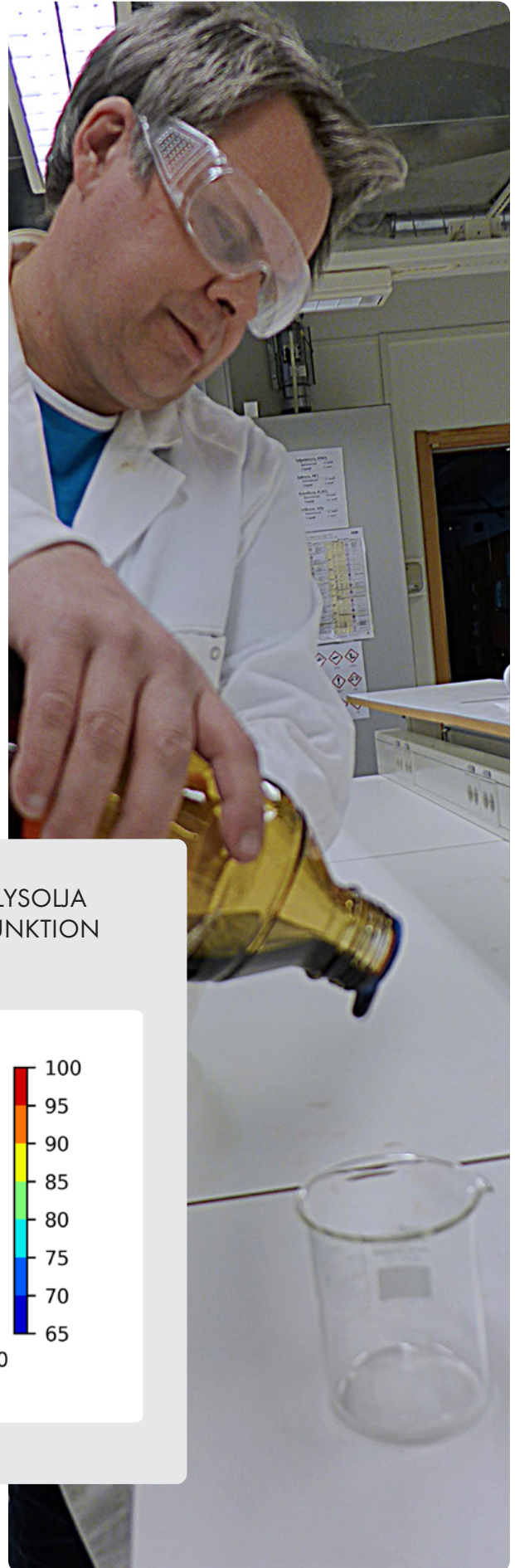
LITEN PRODUKTION

En viktig fråga för energibolaget var om självförsörjning av bioolja kunde uppnås genom egenproduktion av pyrolysolja. En produktion på 70 GWh/år, motsvarande dagens användning av spetslastolja, kunde uppnås med mycket liten påverkan på dagens produktion av el och fjärrvärme. Men kan denna pyrolysolja användas oraffinerad i biopannor i befintliga kraftvärme- och fjärrvärmesystem? Obearbetad pyrolysolja har använts vid direkt förbränning, men har egenskaper som t ex hög syrahalt och dålig lagringsbeständighet. Pyrolysoljan har hög vattenhalt, upp till 30 %, vilket ger både lågt värmevärde samt risk för fassparation vid lagring. En laborativ studie genomfördes därför för att undersöka förutsättningarna för att fraktionera pyrolysoljan och erhålla en fas med lägre vattenhalt.

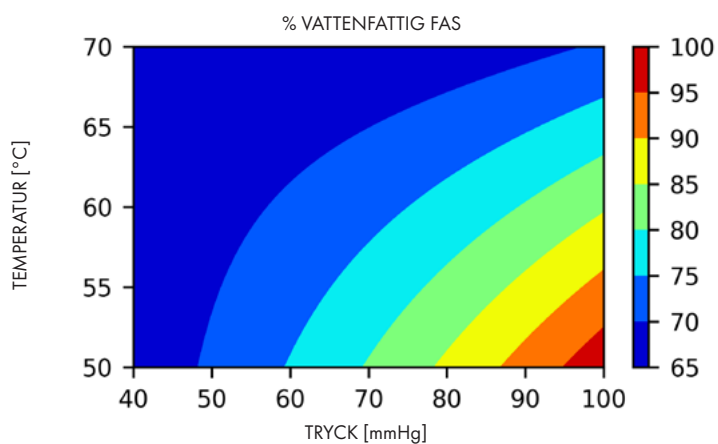
¹⁶ ENERGIMYNDIGHETEN (2020) DRIVMEDEL 2019. ER 2020:26. STATENS ENERGIMYNDIGHET, ESKILSTUNA.

FASSEPARATION

Avskiljning av ca 70 % av pyrolysoljan i en vattenfattig fas kunde uppnås genom avdunstning under ett brett spann av betingelser (Figur 8). Genom avdunstning under reducerat tryck kunde detta genomföras vid en lägre temperatur, vilket minskar risken för nedbrytning av komponenterna. Vattenhalten blev mycket låg efter separation, och ca 90 % av energin bibehölls denna fas. Separationsbetingelserna och den kvarvarande vattenhalten visades dock vara mycket viktiga för viskositeten, som under vissa betingelser blev mycket hög. Försöken visade att den fasseparerade pyrolysoljan måste värmas upp (detta görs redan idag med befintliga biooljor) för att kunna använda Krafringens nuvarande spetslastpannor, och en liten fraktion av etanol tillsätts. Ett alternativ var att industa i en mindre omfattning, och därmed få en olja med högre vatteninnehåll men lägre viskositet.



FIGUR 8. VIKTANDEL FASSEPARERAD PYROLYSOLJA I KVARVARANDE VATTENFATTIG FAS SOM FUNKTION AV TRYCK OCH TEMPERATUR



DRIVKRAFTER FÖR INNOVATIVA SATSNINGAR INOM KRAFTVÄRMESEKTORN

Risken och investeringskostnaden är hög för den anläggning som ska gå i frontlinjen för en innovativ teknik. Behovet att minska den här risken resulterade 2020 i två nya styrmedel, dels nationellt genom Industriklivet, dels på EU-nivå genom Innovation Fund (IF) som båda bygger på att investeringsbidrag kan ges till kommersiella satsningar som är de första i sitt slag.

IF prioriterar innovativa projekt med hög potential att reducera växthusgasutsläpp jämfört med ”business-as-usual” år 2030 och tio år framåt¹⁷. Totalutsläppen för ett helt projekt ska beräknas, och jämföras med utsläppen om projektet inte kommer till stånd. Utsläppsminskningen beräknas i enlighet med en livscykelanalys (LCA)-baserad metodik där projektets potential att ersätta fossila motsvarigheter inkluderas. IF-metoden bygger dock på en annan LCA-princip än EU RED-metoden: både de direkta och indirekta flöden som ändras i samhället räknas med, och jämförs med ett referensfall där fossila bränslen fortfarande används.

I Figur 9 visas hur referenssystemet (dagens produktion) ska tillgodose samma funktion som projektet. Därför läggs de fossila produkter som projektet ska komma att ersätta till i referenssystemet. Så länge vi har en användning av fossilbaserade produkter i samhället antas projektets förnybara produkter ersätta t ex fossila bränslen i väg, luft och sjötransporter eller råvara till plastindustrin.

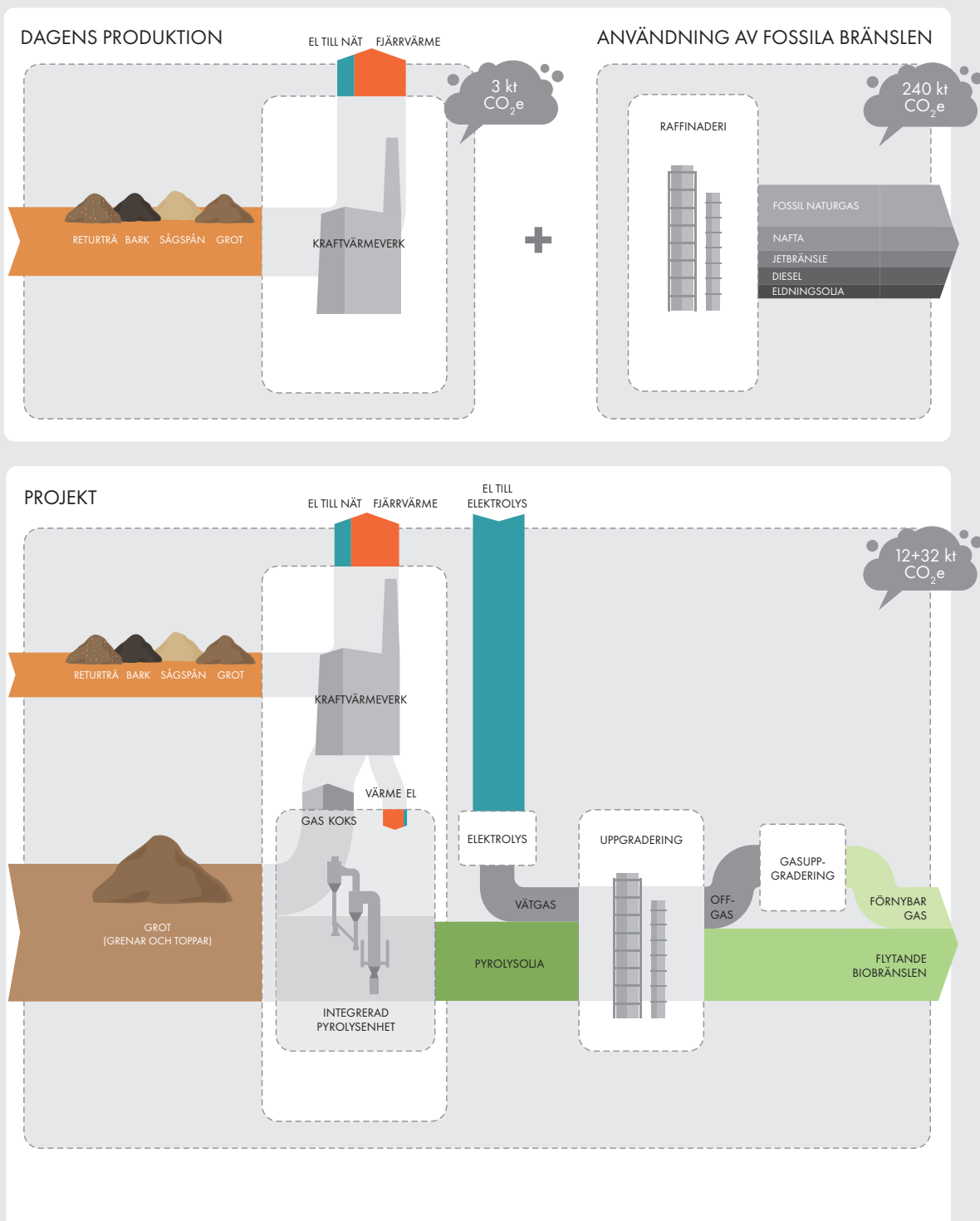
Utsläppsbesparingen om projektet genomförs blir betydande, 0,2 miljoner ton CO₂e per år. Detta kan jämföras t ex med utsläppen i den svenska transportsektorn som 2019 var 16 miljoner ton CO₂e. Resultaten illustrerar hur utsläppsbesparingen huvudsakligen sker utanför den sektor, kraftvärmesektorn, som genomför projektet, genom bidraget till omställning i andra sektorer, som transportsektorn.

Att använda grot till pyrolys i ett sådant här system skulle ge en utsläppsbesparing på ca 0,16 miljoner ton CO₂e per TWh grot. Baserat på uppskattningen om att 5 miljoner ton pyrolysolja årligen skulle kunna produceras i befintliga svenska kraftvärmeverk¹⁸ är potentialen ca 4,7 miljoner ton CO₂e i utsläppsminskning per år. Till detta skulle ca 30 TWh skogsbränslen behövas, vilket kan jämföras med potentialen för ökat skogsbränsleuttag till 2030, som är 27-37 TWh.

¹⁷ EUROPEAN COMMISSION (EC), INNOVATION FUND (INNOVFUND) CALL FOR PROPOSALS ANNEX C: METHODOLOGY FOR CALCULATION OF GHG EMISSION AVOIDANCE, 2020.

¹⁸ GUSTAVSSON, C. (2016) ADDED VALUE FROM BIOMASS BY BROADER UTILIZATION OF FUELS AND CHP PLANTS. AVHANDLING, KARLSTAD UNIVERSITET.

FIGUR 9. RESULTATET AV EN IF-BERÄKNING FÖR FALLSTUDIEN MED GROT SOM RÅVARA FÖR EN ÅRSPRODUKTION AV 700 GWh PYROLYSOLJA



PILARNA ÄR PROPORTIONELLA MOT ENERGIMÄNGDEN. TILLFÖRSELN AV GROT TILL PYROLYSENHETEN ÄR 1200 GWh/ÅR VILKET GER 700 GWh PYROLYSOLJA OCH 620 GWh FÄRDIGRAFFINERADE FLYTANDE BIOBRÄNSLEN.

FÖR PROJEKTET ANGES BÅDE DIREKTA (12 kt CO₂e) OCH INDIREKTA (32 kt CO₂e) EMISSIONER. INDIREKTA EMISSIONER INKLUDERAR BL A KOMPENSATION FÖR ÖKAD ANVÄNDNING AV SKOGSBRÄNSLE OCH LÄGRE FJÄRRVÄRMELEVERANS.

MINDRE ENERGIFLÖDEN SOM T EX EL OCH VÄRMEBEHOV I UPPGRADERING OCH DRIVMEDEL FÖR TRANSPORTER VISAS INTE I FIGUREN, MEN ÄR INKLUDERADE I VÄXTHUSGASBERÄKNINGARNA.

SAMMANFATTNINGSVIS

Slutsatserna från detta projekt kan sammanfattas i följande sju punkter:

- Med bas i befintlig anläggning och infrastruktur vid Örtofta kraftvärmeverk kan en integrerad pyrolysenhet bidra med en årsproduktion på 700–800 GWh bioolja per år.
- Cirka 27 % av regionens bruttotillgång på grot alternativt 40 % av sågspånstillgången (brutto) skulle krävas för denna produktion.
- Värmeleveransen till fjärrvärmenätet minskar samtidigt med 16–26 %. Denna minskning kan vara gynnsam med tanke på det bedömda framtida vikande fjärrvärmeunderlaget i bostadssektorn.
- Möjligheten till drift av anläggningen sommartid måste vägas mot en lägre nyttjandegrad av energin i träbränslet (63–70 %) än vid drift vintertid med samtida fjärrvärmeleverans (80–81 %)
- Integrerad pyrolysoljeproduktion ger fortsatt mycket låga växthusgasemissioner för den levererade fjärrvärmen.
- Låga växthusgasemissioner för den producerade biooljan (ca 3 g CO₂e/MJ) gör den attraktiv som råvara i transportsektorn under förutsättning av vidare uppgradering är fossilfri.
- Örtofta kraftvärmeverk kan fungera som ett viktigt exempel för hur betydligt fler kraftvärmeverk i Sverige med liknande förutsättningar kan utvecklas till att också bli producenter av bioolja.

KRAFTVÄRMEBOLAGENS ROLL I OMSTÄLLNINGEN TILL FOSSILFRITT SAMHÄLLE

Den typ av sektorsövergripande satsning som utvärderats i detta projekt kan bidra till att lösa ökade utmaningar både i kraftvärmesektorn och transportsektorn.

Ur kraftvärmebolagets perspektiv skapas en möjlighet att utnyttja befintliga investeringar mer effektivt, och att lösa kommande utmaningar med sjunkande fjärrvärmebehov i bostadssektorn.

Vi har också visat att integrerad produktion av pyrolysolja i ett befintligt kraftvärmeverk är ett innovativt sätt för ett energibolag att bidra till omställningen i en annan sektor som ligger utanför bolagets traditionella verksamhetsområde. Den stora bioenergipotentialen i Sverige finns i skogsbränslen. Behovet av flytande biodrivmedel till transportsektorn är högt, och den stora utmaningen är att omvandla trä till flytande bränslen med hög omvandlingseffektivitet. Våra beräkningar visar att klimatnyttan både för de enskilda energibärarna (värme, el, pyrolysolja) och för projektet som helhet är mycket goda.

Sammanfattningsvis visar denna studie att det finns en stor och outnyttjad potential för kraftvärmebolagen att bli en betydelsefull aktör i omställningen av transportsektorn som producent av flytande förnybar råvara till hållbara och klimateffektiva biodrivmedel. Fortsatt forskning och utveckling inom detta område är därför av stor nationell vikt och betydelse, liksom satsningar på parallell kommersiell implementering



FOTO: PETTER DUVANDER



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK
OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
[HTTP://MILJO.LTH.SE/](http://miljo.lth.se/)

RAPPORT NR 123
ISBN 978-91-86961-49-7
BJÖRNSSON, GUSTAVSSON, PETERSSON,
BÖRJESSON, OTTOSSON & SAMUELSSON
2021

