



LUND UNIVERSITY

Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion

Börjesson, Pål

2021

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Börjesson, P. (2021). *Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion*. (TFEM; Nr. 122). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:
1

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



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Institutionen för teknik och samhälle
Avdelningen för miljö- och energisystem

Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion

Pål Börjesson

Rapport nr. 122

Juni 2021

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2 / TFEM--21/3113--SE + (1-40)
ISBN 978-91-86961-48-0

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS UNIVERSITET Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund, Sverige Telefon: int+46 46-222 00 00	Dokumentnamn Rapport
	Utgivningsdatum Juni 2021
	Författare Pål Börjesson

Dokumenttitel och undertitel

Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion

Sammanfattning

I denna studie görs en uppdaterad analys av den länsvisa tillgången på skogsbaserade rest- och biprodukter i form av grenar och toppas (grot) vid förnygringsavverkningar, bark från sågverk och massabruk, sågspån (och kutterspån) från sågverk samt lignin från svartlut i sulfatmassabruk som råvara för framtida produktion av biodrivmedel/bioflygbränsle. Analysen inkluderar också beräkningar av teoretiska transportavstånd inom olika geografiska områden beroende på vilka råvaror som utnyttjas och i vilken utsträckning dessa finns praktiskt tillgängliga. Slutligen förs en diskussion kring vilka dynamiska effekter som är möjliga vid en utvecklad storskalig produktion av skogsbaserade biodrivmedel och bioflygbränslen i Sverige med hänsyn till hur aktuella bioråvaror används idag samt potentiella förändringar i dessa behov inklusive energieffektiviseringspotentialer. Sammanfattningsvis visar resultaten på en betydande sammanlagd råvarupotential för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion samt att transportavstånden till storskaliga anläggningar kan hållas rimliga, framför allt när samlokalisering med stora skogsindustrier utnyttjas. Ett antal län utmärker sig som speciellt lämpliga för en lokalisering som har en kombination av en hög densitet av grot och storskaliga skogsindustriäntläggningar (sågverk och/eller massabruk) som genererar stora mängder biprodukter och som i sin tur innebär begränsade transportavstånd. Exempel är Västernorrland, Gävleborg, Värmland, Kalmar och Halland.

Nyckelord

Grot, sågspån, bark, lignin, biodrivmedel, bioflygbränsle, länsvis potential, transportavstånd, dynamiska effekter

Omfång 40 sidor	Språk Svenska Engelskt abstract	ISRN ISRN LUTFD2 / TFEM--21/3113--SE + (1-40)
ISSN ISSN 1102-3651	ISBN ISBN 978-91-86961-48-0	

Intern institutionsbeteckning

Rapport nr. 122

Organization, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Environmental and Energy Systems Studies P.O. Box 118 SE-221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00	Type of document Report
	Date of issue June 2021
	Author Pål Börjesson

Title

Regional supply of forest-based feedstock for the production of biofuels and biojet fuels in Sweden

Abstract

This study includes an updated analysis of the regional potential of forest-based residues and by-products in form of logging residues after final felling's, bark in sawmills and pulp mills, sawdust in sawmills, and lignin from black liquor in pulp mills, as feedstocks for future production of biofuels and biojet fuels. The analysis also include calculations of theoretical transportation distances within different regions depending on which feedstock that is utilized and to what extent the feedstock is practical available. Finally, a discussion is performed regarding potential dynamic effects from a large-scale introduction of forest biomass-based biofuel/biojet fuel production in Sweden with respect to how the feedstocks are utilized today and potential future changes in this utilization, including energy efficiency improvements. The results shows a significant aggregated feedstock potential for biofuel/biojet fuel production and that the transportation distances could be reasonable, especially when a co-location with large-scale forest industries is utilized. A number of counties are shown to be especially attractive for the location of large-scale biofuel/biojet fuel production facilities due to their high density of logging residues in combination with a high existence of large-scale forest industries (sawmills and pulp mills) generating large volumes of by-products, which, in turn, leads to limited transportation distances. Examples of such counties are Västernorrland, Gävleborg, Värmland, Kalmar, and Halland.

Keywords

Logging residues, sawdust, bark, lignin, biofuels, biojet fuels, regional potential, transportation distances, dynamic effects

Number of pages 40	Language Swedish English abstract	ISRN ISRN LUTFD2 / TFEM--21/3113--SE + (1-40)
ISSN ISSN 1102-3651	ISBN ISBN 978-91-86961-48-0	

Department classification

Report no. 122

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--21/3113--SE + (1-40)
ISBN 978-91-86961-48-0

Förord

Denna rapport är framtagen med finansiering från Energimyndigheten.

Författaren vill rikta sitt tack till alla de granskare som lämnat värdefulla synpunkter och kommentarer på arbetet.

Lund, juni 2021

Pål Börjesson

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	3
1.1	Syfte	3
2	METOD OCH AVGRÄNSNINGAR	4
3	RESULTAT	6
3.1	Sammanlagd potential	6
3.2	Fördjupning grot.....	10
3.3	Fördjupning sågspån	12
3.4	Fördjupning bark	17
3.5	Fördjupning lignin.....	23
4	DYNAMISKA EFFEKTER VID ÖKAD EFTERFRÅGAN PÅ SKOGBASERADE REST- OCH BIPRODUKTER	25
5	SAMMANFATTANDE SLUTSATSER.....	32
6	REFERENSER	34

1 INTRODUKTION

I utvecklingen av en svensk fossilfri transportsektor förväntas biodrivmedel och bioflygbränslen spela en allt viktigare roll. Två viktiga styrmedel som driver denna utveckling är reduktionsplikten för bensin och diesel inom vägtransporter samt reduktionsplikten för flygbränsle. Samtidigt skärps kraven på vilka biomassaråvaror som bedöms långsiktigt hållbara ur miljösynpunkt och som uppfyller fastställda hållbarhetskriterier i t ex EU's Förnybarhetsdirektiv (REDII) (EU, 2018). En kategori bioråvaror som uppfyller dagens hållbarhetskrav enligt REDII och som har hög klimatprestanda är skogsbaserade rest- och biprodukter. Fyra exempel på råvaror som bedöms bli allt viktigare för biodrivmedel och bioflygbränslen kommande decennier är avverkningsrester, eller grot (grenar och toppar), bark, sågspån och lignin. Anledningen till detta är att dessa bioråvaror finns i stora volymer inom svenskt skogsbruk och skogsindustri samt att tekniker och system som är under utveckling leder till energi- och resurseffektiv omvandling av dessa fasta råvaror till biodrivmedel och bioflygbränslen i olika bioenergikombinatlösningar (Ericsson, 2021; Jafri, 2019a-b).

Det finns ett flertal tidigare studier som analyserat tillgången på svenska skogsbaserade råvaror (se t ex Lundmark et al., 2018) men eftersom skogssektorn och skogsindustrin förändras kontinuerligt finns det ett behov av uppdaterade studier som tar hänsyn till pågående strukturförändringar. Dessutom behövs uppdaterad kunskap kring den geografiska förekomsten och fördelningen av dessa olika bioråvaror som underlag för t ex strategiska beslut om framtida lokaliseringar av storskaliga biodrivmedels- och bioflygbränsleanläggningar som kräver stora volymer råvara med rimliga transportavstånd. En ytterligare aspekt som är viktig i detta sammanhang är hur, och i vilken omfattning, dessa bioråvaror redan idag utnyttjas för energiändamål och hur denna användning kan komma att förändras i framtiden genom t ex olika dynamiska effekter och förändringar i efterfrågan.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att göra en uppdaterad analys av den länsvisa tillgången på (i) avverkningsrester vid slutavverkning (grot, grenar och toppar), (ii) bark från sågverk och massabruk, (iii) sågspån (och kutterspån) från sågverk samt (iv) lignin från svartlut i sulfatmassabruk. Analysen inkluderar också beräkningar av teoretiska transportavstånd till fiktiva biodrivmedels- och bioflygbränsleanläggningar inom olika geografiska områden beroende på vilka råvaror som utnyttjas och i vilken utsträckning dessa finns praktiskt tillgängliga för biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion. Slutligen förs en diskussion kring vilka dynamiska effekter som är möjliga vid en utvecklad storskalig produktion av skogsbaserade biodrivmedel och bioflygbränslen i Sverige med hänsyn till hur aktuella bioråvaror används idag samt förändrad efterfrågan från andra användningsområden inklusive energieffektiviseringspotentialer.

2 METOD OCH AVGRÄNSNINGAR

Studien baseras på en litteratursammanställning av aktuella data presenterad i statistiska underlag, branschinformation, vetenskapliga publikationer mm samt kompletterade egna beräkningar och analyser.

Beräkningar av tillgången på grot, bark, sågspån och lignin avser bruttopotential, d v s exklusive nuvarande användning av respektive råvara men inklusive tekno-ekonomiska och ekologiska restriktioner gällande grot. Tillförsel av grot baseras på Skogsstyrelsen (2015) genom deras skogliga konsekvensanalyser 2015 (SKA-15) och inkluderar dagens skogsbruk med ekologiska restriktioner. Kompletterande studier som också analyserat ekologiska restriktioner vid grot-uttag, t ex de Jong et al. (2017; 2018), beaktas vid jämförelser. Tillförseln av bark och sågspån baseras på data från Skogsindustrierna (2020) avseende existerande sågverk och massaindustrier i Sverige 2019 och deras respektive årsproduktion. De omräkningsfaktorer som har använts för bark och sågspån är följande: (i) 27 kg torrsbstans (ts) bark per kubikmeter fast sågtimmer (Karjalainen, 2018; Nilsson, 2006), (ii) omräknat till kubikmeter fast sågad vara blir mängden bark 59 kg ts (46% sågutbyte, Skogsstyrelsen, 2019), (iii) 30 kg ts bark per kubikmeter fast massaved (Karjalainen, 2018; Nilsson, 2006), (iv) 48 kg ts sågspån per kubikmeter fast sågtimmer (Naturvårdsverket, 2010; Novator, 2019; Nilsson, 2006), och (v) omräknat till kubikmeter fast sågad vara blir mängden sågspån 104 kg ts (46% sågutbyte). Dessa omräkningsfaktorer har sedan kvalitetssäkrats genom att de framräknade totalvolymerna av sågspån och bark på nationell nivå har jämförts med befintlig litteratur och statistik och funnits överensstämna väl (se t ex Energimyndigheten, 2017; Wetterlund m fl, 2017; Nilsson 2006).

I samband med förädling av sågad trävara sker ofta hyvling vilket ger en ytterligare biprodukt i form av så kallad kutterspån (hyvelspån). Detaljerad information om var hyvling sker geografiskt har dock inte påträffats. Oftast sker dock hyvling på sågverk men hyvling kan också ske vid andra träförädlingsanläggningar. Däremot finns data kring årsproduktionen av kutterspån som visar att denna har uppgått till mellan 15-18% av mängden sågspån (uttryckt som fastkubikmeter) under de senaste fem åren med ett genomsnitt på cirka 17% (Biometria, 2019). Vid uppskattningar av tillförseln av kutterspån används denna korrelation med sågspån samt antagandet att hyvling sker inom samma geografiska område som sågverkens lokalisering.

Tillförseln av lignin från svartlut baseras på antagandet att upp till cirka 25% av ligninet i svartluten är möjligt att utvinna i sulfatmassabruk. Denna begränsning inkluderar två faktorer, dels en begränsning av tillgängligt energiöverskott, dels en begränsning av en säker kemikalieutvinning i sodapannan (Backlund och Nordström, 2014; Pöyry, 2016). Svartlut från barrved bedöms innehålla cirka 600 kg lignin per ton producerad massa varav 150-180 kg lignin per ton massa bedöms vara praktiskt möjligt att utvinna (Backlund och Nordström,

2014). Av dagens totala massaproduktion i Sverige på cirka 12 miljoner ton utgör kemisk massa cirka 9 miljoner ton där drygt 95% utgörs av sulfatmassa (Skogsindustrierna, 2020).

Omräkning till energitermer baseras på data från Pettersson och Björnsson (2019). De omräkningstal som används vid omräkning från vikt till energi är följande, uttryckt som MJ per kg torrsbstans (ts): grot 19,2, bark 20,3 respektive sågspån 19,0. Energiinnehållet i lignin antas vara 25,2 MJ per kg ts (Backlund och Nordström, 2014). I beräkningarna av de teoretiska transportavstånden till en fiktiv biodrivmedels- och bioflygbränsleanläggning antas dessa ha ett årsbehov av biomassa motsvarande 100 000 ton ts alternativt 200 000 ton ts. Dessutom diskuteras förutsättningarna för en mindre anläggning med ett årsbehov om 25 000 ton ts.

Vid beräkningar av teoretiska transportavstånd för de olika bioråvarorna beräknas den geografiska densiteten av respektive bioråvara och hur denna skiljer mellan olika län, vilket i sin tur påverkar transportavstånd. Detta gäller framför allt grot och i mindre utsträckning bark, sågspån och lignin som är koncentrerade till existerande skogsindustrier. När det gäller densiteten av grot så beräknas denna genom att länets bruttotillgång divideras med länets totala yta. Dessutom anges den genomsnittliga arean, i form av en cirkel, som krävs för att leverera 100 000 respektive 200 000 ton ts grot till en potentiell anläggning för biodrivmedel och/eller bioflygbränsle, samt teoretiskt genomsnittligt transportavstånd till en produktionsanläggning som placeras i mitten av upptagningsområdet (i form av cirkeln). Det praktiska transportavståndet antas vara 20% längre än fågelvägen (slingningsfaktor 1,2).

Den avslutande analysen av potentiella dynamiska effekter vid en ökad efterfrågan på skogsbaserade rest- och biprodukter baseras på data från litteraturstudier avseende dagens användning av dessa råvaror, deras prisnivåer och prisutveckling, förändrad efterfrågan inom värmesektorn samt energieffektiviseringspotentialer inom skogsindustrin. Utifrån en sammanvägning av denna information görs en syntes över hur tillgängligheten av olika bioråvaror kan öka och användas för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion.

3 RESULTAT

3.1 Sammanlagd potential

Aktuell bruttopotential av grot, bark, sågspån och lignin i respektive län redovisas i Tabell 1 och 2. I Tabell 1 sammanfattas resultatet uttryckt som 1000 ton per år och i Tabell 2 uttryckt som TWh per år. Sammanfattningsvis bedöms den totala tillgången på grot uppgå till 6 miljoner ton ts eller 32 TWh per år, tillgången på bark till 2,2 miljoner ton ts eller 12,5 TWh per år, tillgången på spån (sågspån och kutterspån) till 2,3 miljoner ton ts eller 11,9 TWh per år samt tillgången på lignin till 1,3 miljoner ton ts eller 9,9 TWh per år.

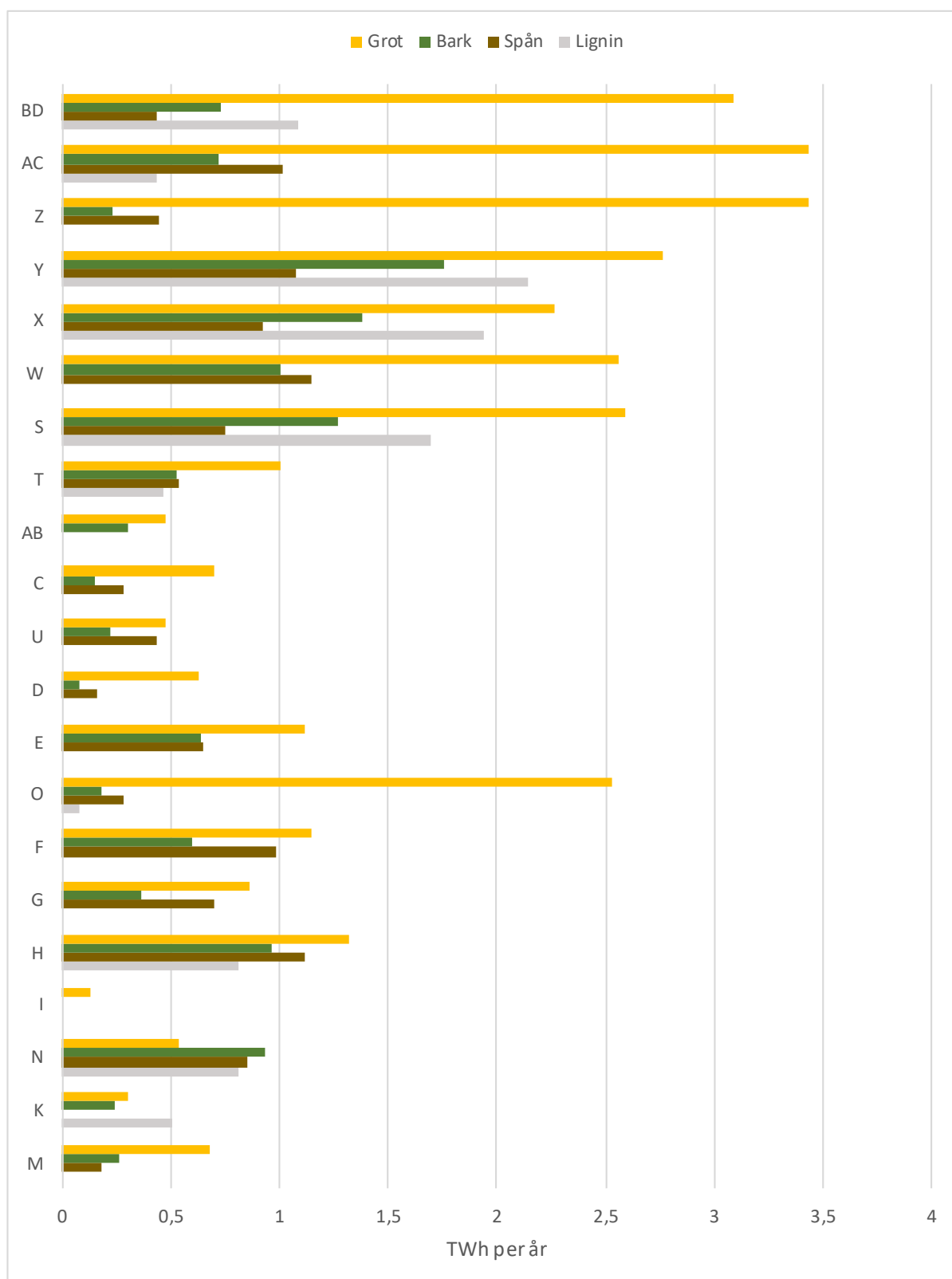
Tillgången på grot är störst i Västerbotten, Jämtland och Norrbotten medan tillgången på bark är störst i Västernorrland, Gävleborg och Värmland (se Figur 1). När det gäller sågspån är tillgången störst i Dalarna, Kalmar och Västernorrland medan tillgången på lignin är störst i Västernorrland, Gävleborg och Värmland. När den sammanlagda potentialen av grot, sågspån, bark och lignin räknas ihop är tillgången också störst i Västernorrland, följt av Gävleborg och Värmland. Beroende på den totala arealen produktiv skogsmark i respektive län inklusive årlig tillväxt samt lokalisering och densitet av sågverk och massabruk varierar således vilka län som störst bruttopotential av respektive råvara.

Tabell 1. Potentiell tillgång (brutto) av grot, bark, spån och lignin per län och år, uttryckt i 1000 ton torrsbstans.

Län		Grot	Bark	Sågspån (inkl. kutterspån)	Lignin
Norrbottn	BD	579	129	70 (82)	144
Västerbottn	AC	643	128	163 (191)	58
Jämtland	Z	643	41	71 (84)	0
Västernorrland	Y	518	311	173 (203)	286
Gävleborg	X	424	244	149 (174)	259
Dalarna	W	479	176	186 (218)	0
Värmland	S	486	226	121 (142)	225
Örebro	T	188	94	87 (102)	61
Stockholm	AB	90	53	0	0
Uppsala	C	131	26	45 (53)	0
Västmanland	U	90	39	69 (81)	0
Södermanland	D	118	15	26 (31)	0
Östergötland	E	210	113	105 (123)	0
Västra Götaland	O	475	32	45 (53)	10
Jönköping	F	216	106	159 (186)	0
Kronoberg	G	161	64	113 (133)	0
Kalmar	H	247	169	181 (212)	108
Gotland	I	24	0	0	0
Halland	N	102	166	137 (160)	108
Blekinge	K	57	42	0	68
Skåne	M	120	47	29 (34)	0
<i>SVERIGE</i>		<i>6000</i>	<i>2220</i>	<i>1930 (2260)</i>	<i>1330</i>

Tabell 2. Potentiell tillgång av grot, bark, spån och lignin per län och år, uttryckt i TWh, samt hur stor andel av totala tillgången av skogsbaserad energiråvara som finns inom respektive län.

Län		Grot	Bark	Sågspån (inkl. kutterspån)	Lignin	Summa	Procent av total (%)
Norrbottn	BD	3,09	0,73	0,37 (0,43)	1,08	5,26	8,1
Västerbottn	AC	3,43	0,72	0,86 (1,01)	0,43	5,44	8,4
Jämtland	Z	3,43	0,23	0,38 (0,44)	0	4,03	6,2
Västernorrland	Y	2,76	1,76	0,92 (1,07)	2,14	7,58	11,7
Gävleborg	X	2,26	1,38	0,78 (0,92)	1,94	6,37	9,8
Dalarna	W	2,56	1,00	0,98 (1,15)	0	4,53	7,0
Värmland	S	2,59	1,27	0,64 (0,75)	1,69	6,19	9,6
Örebro	T	1,00	0,53	0,46 (0,54)	0,46	2,45	3,8
Stockholm	AB	0,48	0,30	0	0	0,78	1,2
Uppsala	C	0,70	0,15	0,24 (0,28)	0	1,08	1,7
Västmanland	U	0,48	0,22	0,37 (0,43)	0	1,06	1,6
Södermanland	D	0,63	0,08	0,14 (0,16)	0	0,85	1,3
Östergötland	E	1,12	0,64	0,56 (0,65)	0	2,31	3,6
Västra Götaland	O	2,53	0,18	0,24 (0,28)	0,08	3,03	4,7
Jönköping	F	1,15	0,60	0,84 (0,98)	0	2,59	4,0
Kronoberg	G	0,86	0,36	0,6 (0,7)	0	1,82	2,8
Kalmar	H	1,32	0,96	0,96 (1,12)	0,81	4,04	6,2
Gotland	I	0,13	0	0	0	0,13	0,2
Halland	N	0,54	0,93	0,72 (0,85)	0,81	3,01	4,7
Blekinge	K	0,30	0,24	0	0,51	1,05	1,6
Skåne	M	0,68	0,26	0,16 (0,18)	0	1,06	1,6
<i>SVERIGE</i>		<i>32,0</i>	<i>12,5</i>	<i>10,2 (11,9)</i>	<i>9,9</i>	<i>64,7</i>	<i>100</i>



Figur 1. Potentiell tillgång av grot, bark, spån (sågspån och kutterspån) och lignin per län och år, uttryckt i TWh.

3.2 Fördjupning grot

I Tabell 3 sammanfattas densiteten av grot i respektive län samt det teoretiska transportavståndet till en storskalig biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning. Högst densitet av grot (brutto) har Värmland följt av Västernorrland, Gävleborg, Örebro, Kalmar, Jönköping samt Västra Götaland där densiteten uppgår till minst 20 ton ts/km². Dessa län har också de kortaste transportavstånden, upp till 47 km för en anläggning med ett behov om 200 000 ton ts grot och när 100% finns tillgängligt, alternativt för en anläggning om 100 000 ton ts grot och när 50% finns tillgängligt. Om vi jämför med den totala tillgången av grot i respektive län och behovet i en tänkt anläggning motsvarande 200 000 ton ts per år, så kan minst 2 anläggningar förses med grot i Värmland, Västerbotten, Gävleborg och Västra Götaland (cirka 400 000 – 500 000 ton ts), och en anläggning i Örebro, Kalmar och Jönköpings län (cirka 200 000 ton ts) (se Tabell 1).

Om anläggningens storlek halveras till motsvarande ett årsbehov om 100 000 ton ts grot per år kan antalet anläggningar fördubblas i dessa län. Antalet län som har en grot-tillgång större än 100 000 ton ts är 17 (se Tabell 1). Om 50% av bruttotillgången av grot allokeras till en anläggning med ett årsbehov om 200 000 ton ts så kan en anläggning förses med grot i Värmland, Västernorrland, Gävleborg och Västra Götaland med ett transportavstånd upp till 67 km. För en anläggning som är hälften så stor, d v s har ett årsbehov om 100 000 ton ts grot, kan transportavstånden minska till cirka 30 km, förutsatt att 100% grot finns tillgängligt.

Tabell 3. Densitet av grot per total yta av respektive län, ytbehov för att leverera 200 000 respektive 100 000 ton ts grot till en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning, samt genomsnittligt transportavstånd.

Län	Densitet	Ytbehov för att leverera 200 kt /100 kt ts	Genomsnittligt transportavstånd		
			100% tillgängligt & 100 kt	50% tillgängligt & 100 kt (100% tillgängligt & 200 kt)	50% tillgängligt & 200 kt
	Ton ts / km ²	1000 km ²	km	km	km
Norrbottn	6,0	34 /17	61	87	123
Västerbotten	11,8	17 / 9	44	62	87
Jämtland	13,1	15 / 8	41	59	83
Västernorrland	24,0	8 / 4	31	43	61
Gävleborg	23,4	9 / 4	31	44	62
Dalarna	17,1	12 / 6	36	51	72
Värmland	27,7	7 / 4	28	40	57
Örebro	22,1	9 / 5	32	45	64
Stockholm	13,8	15 / 7	40	57	81
Uppsala	15,9	13 / 6	38	53	75
Västmanland	17,5	11 / 6	36	51	72
Södermanland	19,5	10 / 5	34	48	68
Östergötland	19,9	10 / 5	34	48	67
Västra Götaland	20,0	10 / 5	34	47	67
Jönköping	20,7	10 / 5	33	47	66
Kronoberg	19,1	10 / 5	34	48	69
Kalmar	22,1	9 / 5	32	45	64
Gotland	7,8	26 / 13	54	76	107
Halland	18,8	11 / 5	35	49	69
Blekinge	19,5	10 / 5	34	48	68
Skåne	11,0	18 / 9	45	64	91
<i>SVERIGE</i>	<i>17,7</i>	<i>11 / 6</i>	<i>36</i>	<i>50</i>	<i>71</i>

3.3 Fördjupning sågspån

Enligt Tabell 1 uppgår inte tillgången (brutto) av sågspån till 200 000 ton ts per år i något län, exklusive kutterspån, d v s inget län kan bli "självförsörjande" på sågspån till en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning av denna storlek. Om däremot kutterspån inkluderas överstiger den sammanlagda tillgången av sågspån och kutterspån 200 000 ton ts i Dalarna, Kalmar och Västernorrland. Om produktionsanläggningar halveras till motsvarande en förbrukning av 100 000 ton ts sågspån per år, kan teoretiskt 10 län bli "självförsörjande" på sågspån (11 län inklusive kutterspån). Även mindre anläggningar kan bli aktuella i framtiden. Idag byggs t ex en anläggning för produktion av sågspånsbaserad pyrolysolja vid Setras sågverk i Gävle (Kastet) med ett råvarubehov som motsvarar cirka 25 000 ton ts sågspån per år, vilket i sin tur motsvarar ett sågverk med en årsproduktion om cirka 240 000 m³ fast sågad vara (Pyrocell, 2021). Med denna storlek skulle alla län utom tre (Stockholm, Gotland och Blekinge) teoretisk kunna bli "självförsörjande" på sågspån till minst en och upp till sju produktionsanläggningar.

Fördelningen av sågverk med olika storlek mellan respektive län redovisas i Tabell 4, liksom densiteten av sågspån per län. Högst densitet av sågspån har Halland följt av Kalmar och Jönköping. Det totala antalet sågverk i Sverige är idag cirka 100 stycken (medlemmar i Skogsindustrierna) (Skogsindustrierna, 2020). Drygt en tredjedel av dagens bruttoproduktion av sågspån produceras i 17 sågverk med en kapacitet över 300 000 m³ fast sågad vara per år. I genomsnitt producerar ett sågverk i denna storleksklass drygt 40 000 ton ts sågspån per år (exklusive kutterspån) men där de största sågverken kan producera upp till 60 000 ton ts per år. För att minimera transporter av sågspån till framtida storskaliga produktionsanläggningar för biodrivmedel/bioflygbränsle bör därför dessa, om möjligt, lokaliseras i anslutning till de största sågverken. Om råvarubehovet är t ex 100 000 ton ts sågspån per år för en produktionsanläggning för bioflygbränsle kan cirka hälften av detta behov tillgodoses av ett sågverk i denna storleksklass medan den andra hälften behöver "importeras" från andra sågverk. Om råvarubehovet uppgår till 200 000 ton ts sågspån per år kan cirka en fjärdedel av behovet tillgodoses. Om däremot råvarubehovet endast uppgår till 25 000 ton ts sågspån per år, motsvarande en mindre produktionsanläggning för bioflygbränsle, skulle teoretiskt drygt 30 sågverk kunna producera denna mängd (se Tabell 4). Mängden sågspån som produceras i dessa drygt 30 sågverk med en årskapacitet motsvarande 200 000 m³ fast sågad vara eller mer uppgår till cirka 1150 kton ts (exklusive kutterspån), vilket i sin tur motsvarar ungefär 60% av den totala mängden sågspån som genereras i Sverige årligen.

Tabell 4. Geografisk fördelning av sågverk i olika storleksklasser (uttryckt som 1000 m³ sågad vara), mängden producerad sågspån inom respektive storleksklass (uttryckt som 1000 ton ts) samt densiteten sågspån per län (ton ts / km²) (exklusive kutterspån).

Län	Densitet Ton ts / km ²	Antal sågverk					
		< 50	50-100	100-200	200-300	>300	SA
Norrbottn	0,7			2		1	3
Västerbotten	3,0		2	2	3	1	8
Jämtland	1,5			2		1	3
Västernorrland	8,0	1		1	1	2	5
Gävleborg	8,2	1	1	1	1	2	6
Dalarna	6,6		1	3	3	1	8
Värmland	6,9			3	1	1	5
Örebro	10,3		1			2	3
Stockholm	0						
Uppsala	5,5			1	1		2
Västmanland	13,5	1	1		2		4
Södermanland	4,3		1	1			2
Östergötland	10,0		1		1	1	3
Västra Götaland	1,9	2	1	1	1		5
Jönköping	15,2		11	3	1		15
Kronoberg	13,5		2	3		1	6
Kalmar	16,2	5	2	4		2	13
Gotland	0						
Halland	25,3	1	1	2		2	6
Blekinge	0						
Skåne	2,7		1	1			2
<i>SVERIGE</i>	<i>4,7</i>	<i>11</i>	<i>26</i>	<i>30</i>	<i>15</i>	<i>17</i>	<i>99</i>
<i>Sågspån kton ts</i>		<i>40</i>	<i>225</i>	<i>518</i>	<i>448</i>	<i>702</i>	<i>1930</i>
<i>(%)</i>		<i>(2)</i>	<i>(12)</i>	<i>(27)</i>	<i>(23)</i>	<i>(36)</i>	<i>(100)</i>

Vid uppskattningar av teoretiska transportavstånd för sågspån till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle behöver således hänsyn tas till möjligheten att samlokalisera med ett större sågverk samt förekomst och lokalisering av övriga sågverk i regionen. För de tre län med störst produktion av sågspån totalt sett, Västernorrland, Dalarna och Kalmar, skiljer sig antalet sågverk åt då Västernorrland har 5 sågverk, Dalarna 8 och Kalmar 13 sågverk.

När det gäller uppskattade transportavstånd av sågspån till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle baseras dessa beräkningar på följande antaganden: i) produktionsanläggningen samlokaliseras med det största sågverket i regionen, samt ii) tillförsel av övrig mängd sågspån sker från de sågverk som ligger närmast. Beräkningarna inkluderar inte kutterspån. I övrigt antas samma slingringsfaktor (1,2) som för grot. I Tabell 5 sammanfattas resultaten från beräkningarna av genomsnittliga transportavstånd för sågspån till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle med ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån respektive 200 000 ton ts sågspån. I transportavståndet inkluderas såväl intern produktion av sågspån (0 km transportavstånd) samt extern intransport av sågspån (exklusive kutterspån).

Som redovisats ovan kan i princip en mindre bioflygbränsleanläggning med ett årsbehov om 25 000 ton ts sågspån kunna lokaliseras vid ett sågverk som har minst denna kapacitet (motsvarande cirka 240 000 m³ sågad vara) i de flesta av Sveriges län, exklusive Stockholm, Gotland, Blekinge, Södermanland och Skåne län. I dessa fall behövs således ingen extern transport av sågspånsråvara och därför inkluderas inte denna produktionsskala i följande beräkningar. Vid ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån kan biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktionen teoretiskt ske med ”inhemsk” sågspånsråvara i 10 län (se Tabell 1), d v s ingen ”import” från omgivande län krävs (exklusive kutterspån). Fyra ytterligare län har en inhemsk sågspånsproduktion som överstiger 50 000 ton ts per år och som också inkluderas i dessa beräkningar men där import av sågspån från omgivande län krävs. När årsbehovet uppgår till 200 000 ton ts sågspån per år för en produktionsanläggning för bioflygbränsle varierar importbehovet av sågspån från omgivande län från cirka 7% upp till 66% i de 14 län som inkluderas i beräkningarna (exklusive kutterspån). Om kutterspån inkluderas kan tre län bli självförsörjande även vid ett årsbehov om 200 000 ton ts (Västernorrland, Dalarna och Kalmar län).

Som framgår av Tabell 5 varierar det genomsnittliga transportavståndet för den totala mängden sågspån som krävs för en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning. Om sågverket där samlokalisering sker är stort, motsvarande 500 000 till 600 000 m³ sågad vara, generas mer än hälften av sågspånsråvaran på plats vid ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån per år. Detta i sin tur reducerar transportbehovet för resterande del av sågspånsmängden som krävs samt därigenom också det genomsnittliga transportavståndet för den totala mängden sågspån. En annan viktig faktor är antalet och storleken på kringliggande sågverk varifrån sågspån antas transporteras. Om avstånden till kringliggande sågverk är korta och stora sågverk finns i närheten innebär detta också reducerade transportbehov och genomsnittliga transportavstånd. Det genomsnittliga transportavståndet för en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränslen med ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån beräknas utifrån ett svenskt perspektiv till cirka 31 km, men bedöms kunna variera från 6 km upp till 45 km i olika län (se Tabell 5). Dessa beräkningar utgår från att allt sågspån som genereras är

tillgänglig för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion, d v s exklusive annan användning. Om även kutterspån inkluderas förkortas transportsträckorna något.

Om produktionsanläggningen för bioflygbränsle fördubblas i storlek motsvarande ett årsbehov om 200 000 ton ts sågspån ökar transportavståndet till mellan 49 km upp till 146 km i olika län, med ett genomsnitt för Sverige om 85 km. Transportavstånden är som kortast i södra Sverige (Jönköping, Kalmar, Kronoberg och Hallands län) där de uppgår till mellan cirka 50 och 70 km. Som framgår av Tabell 4 är också densiteten av sågverk som störst här. I mellersta Sverige uppgår de genomsnittliga transportavstånden oftast till mellan 70 och 100 km medan de i norra Norrland kan uppgå till mellan 100 och 150 km. Även i detta fall antas allt sågspån som genereras vara tillgängligt för biodrivmedel-/bioflygbränsleproduktion. Om däremot endast 50% av den totala mängden sågspån finns tillgängligt för produktion av bioflygbränsle ökar transportavstånden. För en produktionsanläggning med ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån och där 50% av producerad mängd sågspån är tillgänglig blir de genomsnittliga transportavstånden motsvarande de för en anläggning med ett årsbehov om 200 000 ton ts sågspån och där 100% är tillgänglig (se Tabell 5). Som beskrivs ovan kommer transportavstånden att minska något om även kutterspån inkluderas i potentialen.

Tabell 5. Uppskattade genomsnittligt transportavstånd för sågspån till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle med ett årsbehov av 100 000 ton ts sågspån respektive 200 000 ton ts. Dessutom redovisas storleken på största sågverket i länet (där samlokalisering antas ske) samt hur mycket sågspån som generas på plats, uttryckt som procent av totala behovet (exklusive kutterspån).

Län	Största sågverket	Andel internt producerad sågspån		Genomsnittligt transportavstånd ^b	
		100 000 ton ts	200 000 ton ts	100 000 ton ts 100% tillgäng.	200 000 ton ts 100% tillgäng. alt. 100 000 ton ts 50% tillgäng.
	1000 m ³ sågad vara ^a	%	%	km	km
Norrbottn	420	44	22	43	146
Västerbotten	330	35	17	45	129
Jämtland	330	35	17	40	106
Västernorrland	560	59	29	30	83
Gävleborg	400	42	21	31	83
Dalarna	400	42	21	28	73
Värmland	370	39	19	43	87
Örebro	380	40	20	41	104
Stockholm	-	-	-	-	-
Uppsala	250	-	-	-	-
Västmanland	250	26	13	27	74
Södermanland	150	-	-	-	-
Östergötland	600	63	32	25	78
Västra Götaland	250	-	-	-	-
Jönköping	250	26	13	21	52
Kronoberg	400	42	21	19	49
Kalmar	360	38	19	40	73
Gotland	-	-	-	-	-
Halland	590	62	31	6	50
Blekinge	-	-	-	-	-
Skåne	180	-	-	-	-
<i>Genomsnitt</i>				<i>31</i>	<i>85</i>

^a Produktionen av sågspån antas vara 0,105 ton ts per m³ sågad vara.

^b Transportavståndet baseras på en sammanvägning av internt producerad sågspån (0 km transportavstånd) och extern intransport av sågspån.

3.4 Fördjupning bark

De största punktkällorna för bark är massabruken vilka uppgår till totalt 31 stycken idag medan antalet sågverk uppgår till cirka 100 stycken där både bark och sågspån genereras. Andelen bark från massabruk utgör cirka 51% medan andelen bark från sågverk utgör cirka 49%. I Tabell 6 redovisas densiteten bark per län samt totala mängden som genereras i sågverk och massabruk i respektive län. Enligt Tabell 6 uppgår tillgången (brutto) av bark till över 200 000 ton ts per år i tre län, Västernorrland, Gävleborg och Värmland, d v s dessa tre län kan bli "självförsörjande" på bark till en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning av denna storlek. Om produktionsanläggningar för biodrivmedel/bioflygbränsle halveras till motsvarande en förbrukning av 100 000 ton ts sågspån per år, kan teoretiskt 10 län bli "självförsörjande" på bark, d v s även Norrbotten, Västerbotten, Dalarna, Östergötland, Jönköping, Kalmar och Halland. Densiteten bark per län är högst i Halland följt av Kalmar, Västernorrland, Blekinge, Gävleborg och Värmland.

Tabell 6. Geografisk fördelning av mängden bark uppdelat på sågverk och massabruk (uttryckt som 1000 ton ts) samt totala densiteten bark per län (ton ts / km²) inklusive både massabruk och sågverk.

Län	Densitet bark (ton ts / km ²)	Mängd bark (1000 ton ts)			
		Sågverk & Massabruk	Sågverk	Massabruk	SA
Norrbottn	1,3		40	89	129
Västerbotten	2,3		93	35	128
Jämtland	0,8		41	0	41
Västernorrland	14,4		98	213	311
Gävleborg	13,5		84	160	244
Dalarna	6,3		105	71	176
Värmland	12,9		69	157	226
Örebro	11,0		50	44	94
Stockholm	8,2		0	53	53
Uppsala	3,1		26	0	26
Västmanland	7,7		39	0	39
Södermanland	2,4		15	0	15
Östergötland	10,7		60	53	113
Västra Götaland	1,3		26	6	32
Jönköping	10,2		90	16	106
Kronoberg	7,6		64	0	64
Kalmar	15,2		103	67	169
Gotland	0		0	0	0
Halland	30,5		78	88	166
Blekinge	14,2		0	42	42
Skåne	4,3		17	30	47
<i>SVERIGE</i>	5,5		1090	1130	2220
<i>Bark (%)</i>			49	51	100

I Tabell 7 redovisas den geografiska fördelningen av sågverk i olika storleksklasser, mängden producerad bark inom respektive storleksklass samt densiteten bark per län från sågverk. Drygt en tredjedel av dagens bruttoproduktion av bark i sågverk produceras i 17 sågverk med en kapacitet över 300 000 m³ fast sågad vara per år. I genomsnitt producerar ett sågverk i denna storleksklass cirka 23 000 ton ts bark per år. Högst densitet bark från sågverk återfinns i Halland följt av Kalmar och Jönköping. I Tabell 8 redovisas motsvarande geografiska fördelning av massabruk i olika storleksklasser, mängden producerad bark inom respektive

storleksklass samt densiteten bark per län från massabruk. Drygt en tredjedel av dagens bruttoproduktion av bark i massabruk produceras i 6 massabruk med en kapacitet över 700 000 ton massa per år. I genomsnitt producerar ett massabruk i denna storleksklass cirka 66 000 ton ts bark per år. Om även massabruk över en årsproduktion om 550 000 ton massa inkluderas genereras knappt 70% av totala bruttoproduktionen av bark i dessa 13 massabruk. Högst densitet bark från massabruk återfinns i Halland följt av Blekinge och Västernorrland.

Tabell 7. Geografisk fördelning av sågverk i olika storleksklasser (uttryckt som 1000 m³ sågad vara), mängden producerad bark inom respektive storleksklass (uttryckt som 1000 ton ts) samt densiteten bark per län (ton ts / km²).

Län	Densitet Ton ts / km ²	Antal sågverk					
		< 50	50-100	100-200	200-300	>300	SA
Norrbotten	0,4			2		1	3
Västerbotten	1,7		2	2	3	1	8
Jämtland	0,8			2		1	3
Västernorrland	4,6	1		1	1	2	5
Gävleborg	4,6	1	1	1	1	2	6
Dalarna	3,8		1	3	3	1	8
Värmland	3,9			3	1	1	5
Örebro	5,8		1			2	3
Stockholm	0						
Uppsala	3,1			1	1		2
Västmanland	7,7	1	1		2		4
Södermanland	2,4		1	1			2
Östergötland	5,7		1		1	1	3
Västra Götaland	1,1	2	1	1	1		5
Jönköping	8,6		11	3	1		15
Kronoberg	7,6		2	3		1	6
Kalmar	9,2	5	2	4		2	13
Gotland	0						
Halland	14,3	1	1	2		2	6
Blekinge	0						
Skåne	1,5		1	1			2
<i>SVERIGE</i>	<i>2,7</i>	<i>11</i>	<i>26</i>	<i>30</i>	<i>15</i>	<i>17</i>	<i>99</i>
<i>Bark kton ts</i>		<i>22</i>	<i>128</i>	<i>294</i>	<i>254</i>	<i>398</i>	<i>1090</i>
<i>(%)</i>		<i>(2)</i>	<i>(12)</i>	<i>(27)</i>	<i>(23)</i>	<i>(36)</i>	<i>(100)</i>

Tabell 8. Geografisk fördelning av massabruk i olika storleksklasser (uttryckt som 1000 ton massa), mängden producerad bark inom respektive storleksklass (uttryckt som 1000 ton ts) samt densiteten bark per län (ton ts / km²).

Län	Densitet ton ts / km ²	Antal massabruk						
		<100	100-250	250-400	400-550	550-700	>700	SA
Norrbottn	0,9		2			1		3
Västerbottn	0,6				1			1
Jämtland	0							
Västernorrland	9,9		2			1	2	5
Gävleborg	8,8		1		1	1	1	4
Dalarna	2,5		1			1		2
Värmland	9,0	1	2			1	1	5
Örebro	5,2		1		1			2
Stockholm	8,2					1		1
Uppsala	0							
Västmanland	0							
Södermanland	0							
Östergötland	5,0					1		1
Västra Götaland	0,3	1						1
Jönköping	1,5		1					1
Kronoberg	0							
Kalmar	6,0						1	1
Gotland	0							
Halland	16,2			1			1	2
Blekinge	14,2				1			1
Skåne	2,7			1				1
<i>SVERIGE</i>	<i>2,8</i>	<i>2</i>	<i>10</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>31</i>
<i>Bark kton ts</i>		<i>11</i>	<i>140</i>	<i>56</i>	<i>154</i>	<i>377</i>	<i>396</i>	<i>1130</i>
<i>(%)</i>		<i>(1)</i>	<i>(12)</i>	<i>(5)</i>	<i>(14)</i>	<i>(33)</i>	<i>(35)</i>	<i>(100)</i>

För att minimera transporter av bark till framtida storskaliga produktionsanläggningar för biodrivmedel/bioflygbränsle bör dessa, liksom för sågspån (se avsnitt 3.3.), lokaliseras i anslutning till de största punktkällorna av bark, dvs sågverk alternativt massabruk. I Tabell 9 redovisas uppskattade genomsnittliga transportavstånd för bark till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle med ett årsbehov av 100 000 respektive 200 000 ton ts bark, storleken på största sågverket alternativt massabruket i länet (där samlokalisering antas ske)

samt hur mycket bark som generas på plats, uttryckt som procent av totala behovet. Som framgår av Tabell 9 varierar det genomsnittliga transportavståndet för den totala mängden bark som krävs för en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning. I de 20 län där bark genereras (d v s Gotland borträknat) utgör massabruk den största punktkällan i 14 län (70%) respektive sågverk i 6 län (30%). Om massabruket där samlokalisering sker är stort, motsvarande över 700 000 ton massa per år, generas cirka två tredjedelar av barkråvaran på plats vid ett årsbehov om 100 000 ton ts bark per år. Det genomsnittliga transportavståndet för en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränslen med ett årsbehov om 100 000 ton ts bark beräknas utifrån ett svenskt perspektiv till cirka 30 km, men bedöms kunna variera från 1 km upp till 89 km i olika län (se Tabell 9). I fem län bedöms det genomsnittliga transportavståndet kunna bli kortare än 10 km. Dessa beräkningar utgår från att all bark som genereras är tillgänglig för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion, d v s exklusive annan användning.

Om produktionsanläggningen för biodrivmedel/bioflygbränsle fördubblas i storlek motsvarande ett årsbehov om 200 000 ton ts bark ökar det genomsnittliga transportavståndet till mellan 55 km upp till 188 km i olika län, med ett genomsnitt för Sverige om 130 km. Transportavstånden är som kortast i Värmland, följt av Gävleborg, Västernorrland och Kalmar där avståndet inte bedöms överstiga 70 km. Även i detta fall antas all bark som genereras vara tillgängligt för biodrivmedel-/bioflygbränsleproduktion. Om däremot endast 50% av den totala mängden bark finns tillgängligt för produktion av bioflygbränsle ökar transportavstånden. För en produktionsanläggning med ett årsbehov om 100 000 ton ts bark och där 50% av producerad mängd bark är tillgänglig blir de genomsnittliga transportavstånden motsvarande de som beskrivs ovan.

Tabell 9. Uppskattade genomsnittligt transportavstånd för bark till en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränsle med ett årsbehov av 100 000 ton ts bark respektive 200 000 ton ts. Dessutom redovisas storleken på största sågverket alternativt massabruket i länet (där samlokalisering antas ske) samt hur mycket bark som generas på plats, uttryckt som procent av totala behovet.

Län	Största sågverket alt. massabruket (uttryckt som mängd bark)	Andel internt producerad bark		Genomsnittligt transportavstånd ^b	
		100 000 ton ts	200 000 ton ts	100 000 ton ts 100% tillgäng.	200 000 ton ts 100% tillgäng. alt. 100 000 ton ts 50% tillgäng.
	1000 m ³ sågad vara / 1000 ton massa ^a	%	%	km	km
Norrbottn	0/700	64	32	14	112
Västerbotten	0/450	41	21	45	124
Jämtland	330/0	19	10	86	188
Västernorrland	0/760	70	35	8	65
Gävleborg	0/740	68	34	6	57
Dalarna	0/600	55	28	16	74
Värmland	0/760	70	35	7	55
Örebro	0/470	43	22	32	96
Stockholm	0/650	60	30	34	110
Uppsala	250/0	15	8	-	-
Västmanland	250/0	15	8	-	-
Södermanland	150/0	9	5	-	-
Östergötland	0/650	60	30	19	88
Västra Götaland	250/0	15	8	-	-
Jönköping	0/200	18	9	71	143
Kronoberg	400/0	24	12	62	112
Kalmar	0/800	74	37	9	68
Gotland	-	-	-	-	-
Halland	0/730	67	34	1	91
Blekinge	0/470	43	22	29	84
Skåne	0/340	31	16	43	111
<i>Genomsnitt</i>				<i>30</i>	<i>130</i>

^a Produktionen av bark antas vara 0,059 ton ts per m³ sågad vara respektive 0,092 ton ts per ton massa. Enbart storleken på den största anläggningen i form av sågverk eller massabruk redovisas och där samlokaliseringen antas ske.

^b Transportavståndet baseras på en sammanvägning av internt producerad bark (0 km transportavstånd) och extern intransport av bark.

3.5 Fördjupning lignin

I Tabell 10 redovisas densiteten lignin per län som genereras i sulfatmassabruk vid ett uttag om 25%, antalet sulfatmassabruk inom olika storleksklasser samt mängden lignin som produceras inom respektive storleksklass. Totalt finns idag 20 sulfatmassabruk där de fem största genererar knappt 40% av ligninpotentialen och där årsproduktionen (vid ett uttag om 25%) motsvarar cirka 100 000 ton ts per år. Detta motsvarar således hela respektive hälften av årsbehovet i en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning med ett årsbehov om 100 000 ton respektive 200 000 to ts per år. Densiteten lignin är som högst i Blekinge följt av Halland, Gävleborg, Västernorrland och Värmland. En fördjupad analys av potentiella transportavstånd för lignin har inte genomförts eftersom en ligninbaserad biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion antas huvudsakligen vara integrerad med det aktuella massabruket.

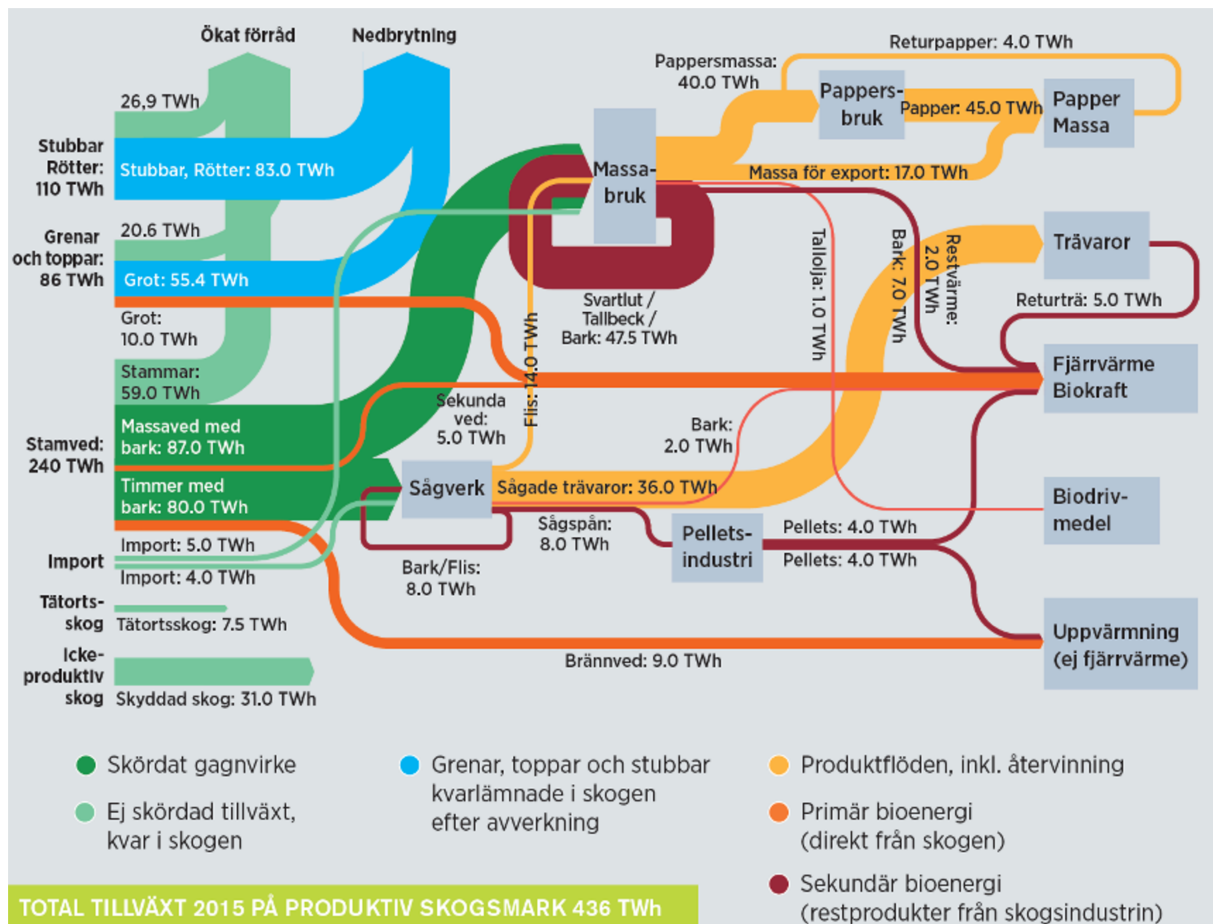
Tabell 10. Geografisk fördelning av sulfatmassabruk i olika storleksklasser (uttryckt som 1000 ton massa), mängden producerad lignin (i svartlut) som antas vara tillgänglig för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion (25% uttag) inom respektive storleksklass (uttryckt som 1000 ton ts) samt densiteten lignin per län (ton ts / km²).

Län	Densitet ton ts / km ²	Antal sulfatmassabruk						
		<100	100- 250	250- 400	400- 550	550- 700	> 700	SA
Norrbottn	1,5		2			1		3
Västerbotten	1,1				1			1
Jämtland	0							
Västernorrland	13,3		1			1	1	3
Gävleborg	14,3		1		1	1	1	4
Dalarna	0							
Värmland	12,8	1	1			1	1	4
Örebro	7,1				1			1
Stockholm	0							
Uppsala	0							
Västmanland	0							
Södermanland	0							
Östergötland	0							
Västra Götaland	0,4	1						1
Jönköping	0							
Kronoberg	0							
Kalmar	9,7						1	1
Gotland	0							
Halland	19,9						1	1
Blekinge	23,1				1			1
Skåne	0							
<i>SVERIGE</i>	3,3	2	5	0	4	4	5	20
<i>Lignin kton ts</i>		20	140	0	280	370	520	1330
<i>(%)</i>		(2)	(11)	(0)	(21)	(28)	(38)	(100)

4 DYNAMISKA EFFEKTER VID ÖKAD EFTERFRÅGAN PÅ SKOGBASERADE REST- OCH BIPRODUKTER

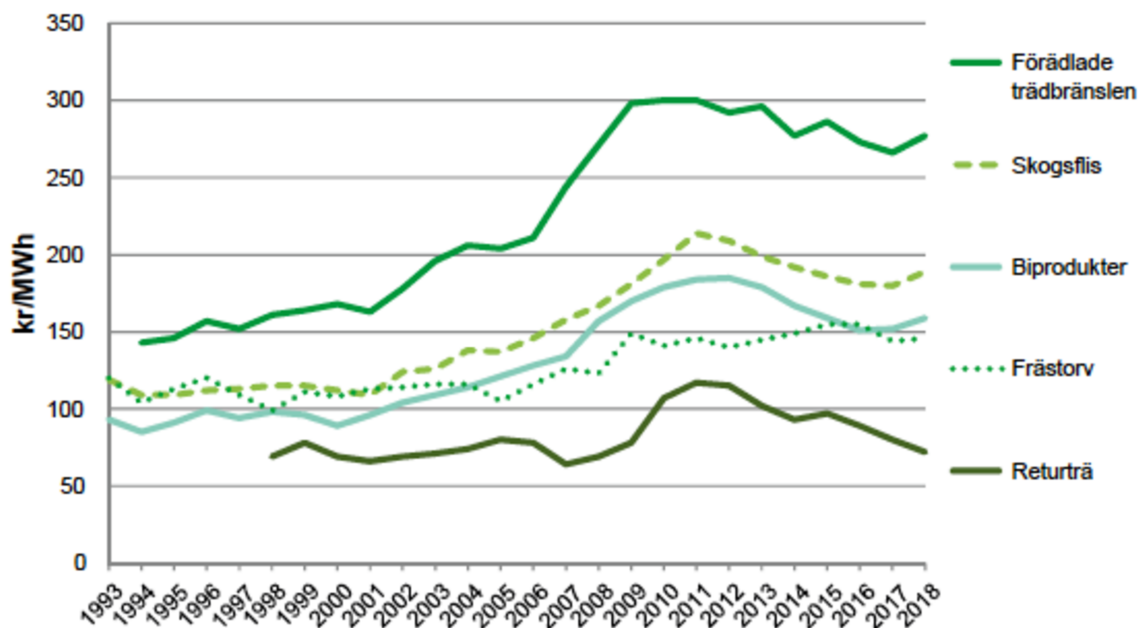
Resultaten som presenteras i Kapitel 3 avser bruttopotential av grot, sågspån, bark och lignin, dvs dagens användning av respektive råvara är inte borträknad från denna potential. Idag utnyttjas i princip all sågspån, bark och lignin för framför allt energiändamål medan enbart en del av grot-potentialen utnyttjas. En ökad användning av sågspån, bark och lignin som råvara för t ex biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion kan således medföra följd effekter i andra energi- och produktionssystem där bortfallet av dessa råvaror kan behöva kompenseras för. När det gäller grot som idag huvudsakligen utnyttjas för kraftvärmeproduktion i fjärrvärmesystem bedöms dagens uttag variera mellan cirka 7-10 TWh per år vilket innebär en outnyttjad potential om drygt 20 TWh per år enligt Tabell 2. Med ännu striktare ekologiska hållbarhetsaspekter kopplat till markförurning och biodiversitet kan potentialen komma att reduceras något ytterligare där den outnyttjade potentialen då uppgår till knappt 20 TWh (Börjesson, 2021; de Jong m fl, 2018). Tillgången på outnyttjad grot skiljer dock mellan olika delar av landet där den största outnyttjade potentialen finns i norra Sverige (Skogsstyrelsen, 2015). Sammanfattningsvis kan grot-baserad biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion öka väsentligt utan att konkurrera med annan användning, framför allt i norra Sverige.

En beskrivning av årliga biomassaflöden inom den svenska skogsnäringen, uttryckt i energitermer, ges i Figur 2 (IRENA, 2019). Ur denna figur framgår att cirka 9 TWh bark används inom fjärrvärmesektorn idag varav cirka 2 TWh kommer från sågverken och 7 TWh kommer från massaindustrin. Resterande bark används internt inom sågverk och massabruk. Av den mängd sågspån som produceras förädlas cirka 8 TWh till pellets idag. En närmare analys av sågverkens biprodukter och deras användning visar att cirka 70% säljs externt som bränsle, framför allt som pellets, medan resterande del används som eget bränsle i sågverken eller i massabruk samt för annan användning (t ex spånskiveproduktion) (Biometria, 2019). När det gäller bark används ungefär 45% som eget bränsle medan resterande del säljs som externt bränsle (inklusive cirka 5% för annan användning). Totalt används årligen cirka 55 TWh biobaserad energi internt inom skogsindustrin idag, fördelat på cirka 8 TWh inom sågverk och 47 TWh inom massabruk.



Figur 2. Biomassaflöden inom svensk skogsnäring uttryckt i energitermer (IRENA, 2019).

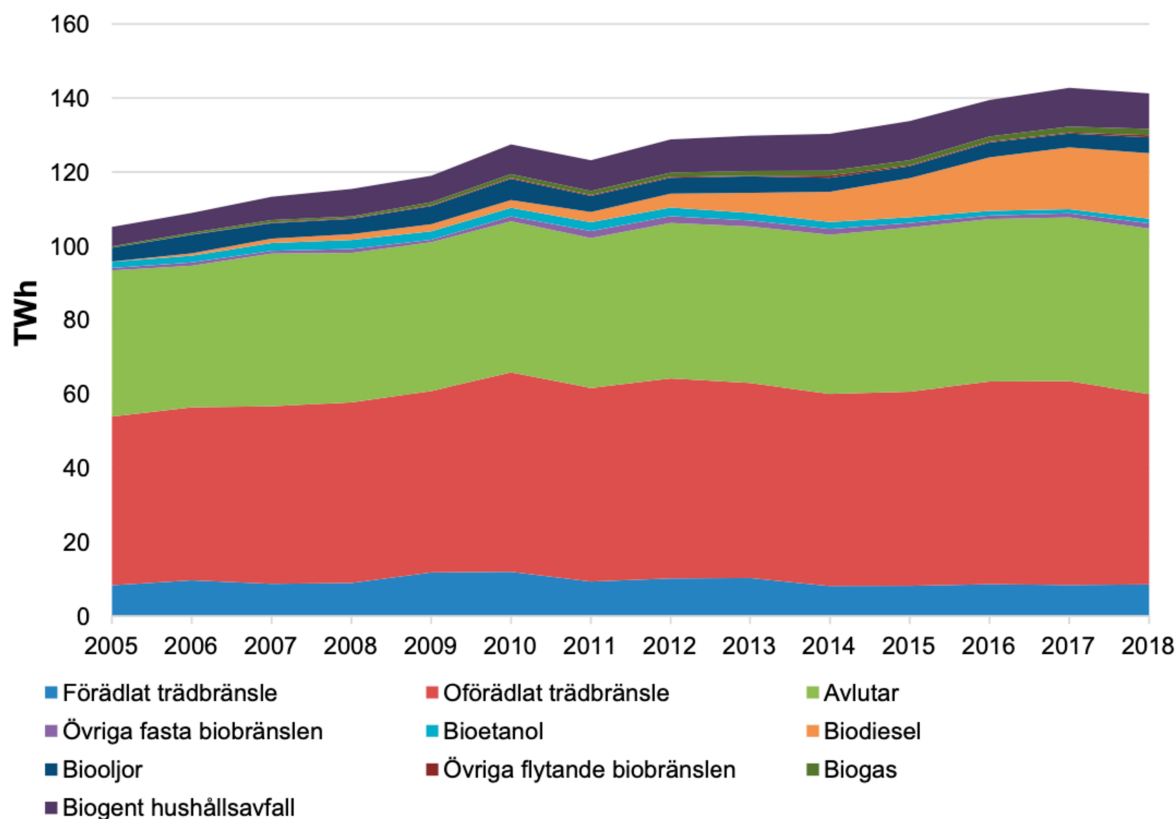
I Figur 3 redovisas prisutvecklingen för träbränslen till värmeverk under de senaste decennierna. Som framgår av figuren så är priset på skogsflis (grot) knappt 20% högre jämfört med biprodukter som sågspån och bark (189 kr/MWh jämfört med 159 kr/MWh). Priset på förädlade träbränslen som t ex pellets är cirka 75% högre jämfört med biprodukter (277 kr/MWh jämfört med 159 kr/MWh). Genom att förädla sågspån till pellets ökar således värdet med cirka 120 kr/MWh. Figur 3 visar också att priset på returträ endast är cirka knappt 40% av priset på skogsflis vilket är en förklaring till att användningen av returträ som bränsle i fjärrvärmeverk ökat under senare år på bekostnad av skogsflis (Energimyndigheten, 2020a). Dessutom visar Figur 3 att priset på skogsflis, bark och sågspån är cirka 15-20% lägre idag än för tio år sedan.



Figur 3. Priser för trädbränsle och torv för värmeverk 1983-2018 (Energimyndigheten, 2020a).

I Figur 4 redovisas användningen av bibränslen i Sverige per bränslekategori och hur den utvecklats från 2005 till 2018. Som framgår av figuren så har användningen av oförädlade och förädlade bibränslen legat relativt konstant det senaste decenniet och t o m minskat något under senare år medan användningen av biodrivmedel ökat. Av dagens användning av biodrivmedel i transportsektorn utgörs cirka 90% av import. Figur 4 visar på en tydlig trend att ökningstakten för fasta bibränslen, som framför allt används för värmeproduktion och till viss del kraftvärmeproduktion, har avstannat medan ökningstakten för biodrivmedel har varit hög de senaste åren.

Det framtida behovet av fasta skogsbränslen för fjärrvärmeproduktion bedöms fortsatt att minska kommande decennier tack vare energieffektiviseringar i bostäder och lokaler. En uppskattning är att behovet av bibränslen för fjärrvärmeproduktion kan komma att minska med 3-4 TWh per år till 2030 och 4-6 TWh till 2050 (Börjesson, 2016). Denna bioråvara kan då bli tillgänglig för t ex biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion utan att behöva kompenseras för med annan energi. Trenden som visas i Figur 4 bedöms således förstärkas kommande decennier med ett växande överskott av fasta bibränslen samtidigt som behovet av flytande biodrivmedel/bioflygbränslen kommer att öka.



Figur 4. Användningen av biobränslen i Sverige uppdelat på bränslekategori 2005-2018 (Energimyndigheten, 2020a).

Det bedöms idag finnas en energieffektiviseringspotential inom skogsindustrin som kan leda till att biprodukter frigörs för extern energianvändning. Denna har uppskattats till mellan 6-12 TWh per år till 2030 respektive 10-16 TWh per år till 2050 (Börjesson, 2021). Som beskrivs ovan är den interna användningen av biomassa för energiändamål inom skogsindustrin cirka 55 TWh per år idag, fördelat på 8 TWh i sågverk respektive 47 TWh i massabruk. 6-12 TWh motsvarar således en antagen energieffektiviseringstakt på 1-2% per år. Denna bedömning baseras bl a på data från Södra som visar på en energieffektiviseringstakt om cirka 3% per år under de senaste fem åren avseende värmeförbrukning vid produktion av pappersmassa och sågad vara samt mellan 1% till 1,5% per år avseende elförbrukning (Södra, 2020). Energieffektiviseringen inom andra skogsindustribolag (t ex Stora Enso, SCA, Holmen m fl) är något svårare att utläsa från publicerad data (t ex miljö- och hållbarhetsredovisningar) då förändrad förädling till olika slutprodukter, t ex ökad produktion av förpackningar i stället för tryckpapper eller korslimmat trä i stället för sågad vara, ökar den interna energianvändningen. En uppskattning är dock att ett strukturerat energieffektiviseringsarbete inom skogsindustrin resulterar i en årlig effektivisering om cirka 1,5-2% (Dernegård, 2021). En doktorsavhandling av Andersson (2020) beskriver också energieffektiviseringspotentialer inom den svenska skogsindustrin där dessa bedöms kunna uppgå till cirka 20% avseende biobaserad energi respektive cirka 15% inklusive el. Energieffektiviteten i svensk industri som helhet ökade

med 36% mellan 1993 och 2010, d v s med drygt 2% per år och där massa- och pappersindustrin står för cirka 50% av totala energianvändningen (IVA, 2020).

Potentialen för ökat uttag av biprodukter från skogsindustrin bedöms fortsatt öka efter 2030 men i en långsammare takt trots att energieffektiviseringen bedöms fortsätta i ungefär samma takt till 2050. Anledningen till detta är att trenden med en ökad förädling inom skogsindustrin bedöms fortgå vilket kräver mer intern energi, t ex vid en ökad produktion av förpackningar i stället för tryckpapper, ökad förädling av sågad trävara till korslimmat trä, utvinning av metanol och andra högvärdiga kemikalier från svartlut mm (Börjesson, 2021).

De ekonomiska drivkrafterna för att realisera den uppskattade energieffektiviseringspotentialen inom skogsindustrin bedöms också öka kommande år i takt med att styrmedel som reduktionsplikten inom vägtransport- och flygsektorn skärps. Efterfrågan, och därmed prisnivåerna, på sågspån, bark och lignin bedöms öka inom t ex drivmedelssektorn samtidigt som skogsindustrin kan utveckla interna produktionssystem där biprodukterna förädlas till intermediära produkter eller färdiga biodrivmedel/bioflygbränslen i t ex samarbete med drivmedelsbolag. En ytterligare drivkraft för t ex utvinning av lignin vid sulfatmassabruk är frigörelse av kapacitet i sodapannan vid expansionsinvesteringar (se t ex Pöyry, 2016).

Sammanfattningsvis bedöms en betydande andel av den bruttopotential av skogsindustrins biprodukter som beskrivs i Kapitel 3 kunna bli tillgänglig för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion inom kommande decennier, dels genom en fortsatt energieffektivisering inom skogsindustrin, dels genom en minskad efterfrågan inom fjärrvärmesektorn. Dessutom kan dessa biprodukter frigöras genom att de ersätts av t ex skogsbränslen som grot vars tillförselpotential endast utnyttjas i begränsad omfattning idag. Även om grot utnyttjas för att ersätta biprodukter som sågspån och lignin är denna potential tillräckligt stor (cirka 20 TWh/år enligt ovan) för att också utnyttjas direkt som råvara för biodrivmedel-/bioflygbränsleproduktion. Dessutom kommer också grot att frigöras när behovet av biobränslen minskar i fjärrvärmesektorn.

En intressant aspekt att belysa är hur ekonomin för en enskild skogsindustri kan påverkas av ökade priser på biprodukter och en ökad förädling av dessa. När det gäller ett sågverks genomsnittliga intäkter för sina produkter redovisas denna fördelning i Tabell 11. Som framgår av Tabell 11 utgör försäljning av sågade varor cirka 80% av intäkterna och cellulosafelis till massabruk cirka 15%. Resterande 5-6% fördelar sig på sågspån, cirka 3%, bark, cirka 2%, samt bränsleflis, cirka 1%. Biprodukter i form av oförädlad sågspån och bark har således en relativt marginell betydelse för sågverkens totala intäkter idag. Samma sak bedöms gälla för bark som generas i massabruk.

Beräkningarna som ligger till grund för resultaten i Tabell 11 är följande: (i) vid produktion av en kubikmeter sågad vara (fastkubikmeter, m³f) genereras samtidigt 1,7 m³s (stjälpt mått) cellulosafelis (1,15 MWh / 0,65 m³f); 0,2 m³s bränslefelis (0,15 MWh); 0,6 m³s bark (0,3 MWh); 0,7 m³s sågspån (0,5 MWh); (ii) exportprisnivån för 1 m³f sågad vara uppgick i genomsnitt till cirka 2110 kr under perioden 2016 - 2018 (senaste helårsstatistik) med en variation mellan 1920 till 2340 kr per m³f sågad vara (UNECE, 2020); (iii) exportprisnivån för 1 m³f cellulosafelis uppgick i genomsnitt till cirka 593 kr under perioden 2016 - 2018 (3 års genomsnitt) med en variation mellan 556 till 624 kr per m³f cellulosafelis (UNECE, 2020); (iv) prisnivån för bränslefelis till fjärrvärmeverk uppgick under perioden 2016 - 2018 till i genomsnitt 182 kr/MWh (3 års genomsnitt), med en variation mellan 174 till 195 kr/MWh (Energimyndigheten, 2020); (v) prisnivån för bark och sågspån (biprodukter, ingen uppdelning) till fjärrvärmeverk uppgick under perioden 2016 - 2018 till i genomsnitt 154 kr/MWh (3 års genomsnitt), med en variation mellan 146 till 164 kr/MWh (Energimyndigheten, 2020a).

Tabell 11. Genomsnittlig intäktsfördelning mellan sågverkets produkter under perioden 2016-2018.

Produkt	Volym	Pris (kr)	Intäkt (kr)	Andel
		Medel (min-max)	Medel (min-max)	(%)
Sågad vara	1 m ³ f	2110 (1920-2340)	2110 (1920-2340)	79,8
Cellulosafelis	0,65 m ³ f	593 (556-624)	385 (361-406)	14,6
Bränslefelis	0,15 MWh	182 (174-195)	27 (26-29)	1,0
Bark	0,3 MWh	154 (146-164)	46 (44-49)	1,7
Sågspån	0,5 MWh	154 (146-164)	77 (73-82)	2,9
SA			2645 (2424-2906)	100

Även om sågspån förädlas till pellets, vilket leder till en cirka 75%-ig högre prisnivå per energienhet, kommer intäkterna från sågspån ändå att utgöra en ganska liten andel av ett sågverks totala intäkter. Intäktsandelen från sågspån bedöms då öka från knappt 3% till 5%. Om i stället sågspån förädlas till t ex flytande bioolja kan prisnivån per energienhet öka betydligt mer, till minst 600 kr/MWh eller ännu mer när också dess klimatprestanda värderas ekonomiskt (Energimyndigheten, 2020b). En förutsättning för att förädling till flytande biodrivmedel/bioflygbränsle, eller intermediära produkter som t ex bioolja, ska vara ekonomiskt intressant för en skogsindustri är dock att vinstmarginalen ökar jämfört med dagens system, t ex pelletsproduktion, d v s att intäkterna öka mer än förädlingskostnaderna.

En sammanfattande konklusion av beskrivningen ovan är att grot värderas högre än biprodukter som sågspån och bark idag. Studier visar dock att sågspån kan vara en lämpligare

råvara för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion än bark och grot eftersom sågspån är en mer homogen råvara med mindre andel fasta ”föroreningar” (se t ex Haus et al, 2020; Björnsson et al, 2021). En ökad efterfrågan på sågspån, och därigenom ökat pris, kan således komma att medföra att användningen av sågspån för enbart värmeproduktion minskar och ersätts av grot eller bark. I ett första skede kommer detta troligen att ske för den sågspån som inte förädlas till pellets. Av den totala potentialen sågspån (inklusive kutterspån) om cirka 12 TWh per år förädlas cirka 8 TWh till pellets, d v s cirka 4 TWh används idag i oförädlad form för framförallt värmeproduktion. Om priserna på sågspån skulle öka med t ex 50% innebär detta att priset på sågspån blir cirka 25% dyrare än dagens pris på grot och att förädlade biprodukter som pellets ökar med 25-30%. Detta i sin tur kan leda till att efterfrågan på pellets minskar något för t ex småskalig uppvärmning där pellets ersätts i allt större utsträckning av värmepumpar, vilket sker redan idag (Börjesson, 2016). Med ett ökat pris på sågspån som inte leder till motsvarande prisökning på pellets kommer de ekonomiska fördelarna för sågverken att förädla sågspån till pellets att minska. Som beskrivs ovan utgör intäkterna från sågspån endast cirka 3% av ett sågverks totala intäkter vilket också talar för att förädling till pellets inte kommer att prioriteras om de ekonomiska marginalerna för detta minskar. Däremot kan nya förädlingsvägar till mer högvärdiga produkter som intermediära produkter till biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion bli mer ekonomiskt intressant för sågverk att utveckla framöver. Ett exempel på detta är pågående investering i en pyrolysoljeanläggning vid Setras sågverk i Gävle (Pyrocell, 2021).

5 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Potentialen av skogsbaserade rest- och biprodukter i form av grot, bark, sågspån och lignin för energiändamål bedöms uppgå till drygt 60 TWh per år fördelat på grot, cirka 30 TWh, bark, cirka 12 TWh, sågspån, cirka 10 TWh (eller 12 TWh inklusive kutterspån) samt lignin, cirka 10 TWh vid 25% uttag i sulfatmassabruk. Av denna bruttopotential bedöms cirka hälften, eller 30 TWh per år, kunna finnas tillgängligt för nya energiändamål som biodrivmedel och bioflygbränslen till 2030 utan att konkurrera med behovet av fjärrvärme och intern processenergi inom skogsindustrin. Dagens trend i form av ett ökat överskott av fasta biobränslen i kombination med en ökad efterfrågan på flytande biodrivmedel bedöms fortgå kommande decennier.

Olika råvaror har olika kvalitéer där t ex sågspån förväntas bli en allt viktigare råvara för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion och som då kan ersättas med bark eller grot för värmeproduktion. Samma sak kan komma att gälla för lignin. Prisutvecklingen bedöms därför bli olika för grot, sågspån, bark och lignin i framtiden där kvaliteten som råvara för biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion beaktas alltmer i prissättningen. Idag är priset på bark och sågspån cirka 20% lägre än för grot. Samtidigt utgör intäkterna från sågspån och bark endast några få procent av de totala intäkterna för ett sågverk eller massabruk. Om nya förädlingsmöjligheter utvecklas för dessa biprodukter som innebär ökade nettointäkter för ett sågverk/massabruk bör detta fungera som effektiva ekonomiska incitament.

De län som har den största sammanlagda tillgången av grot, sågspån, bark och lignin (brutto) är Västernorrland följt av Gävleborg och Värmland. Dessa län har också den största tillgången på bark respektive lignin. När det gäller grot är tillgången störst i Västerbotten följt av Jämtland och Norrbotten och när det gäller sågspån är tillgången störst i Dalarna följt av Kalmar och Västernorrland.

En viktig parameter när det gäller transportavstånd för skogsbaserade energiråvaror till en storskalig biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning är densiteten av dessa råvaror i respektive län. Högst densitet av grot (brutto) har Värmland följt av Västernorrland, Gävleborg, Örebro, Kalmar, Jönköping samt Västra Götaland där densiteten uppgår till minst 20 ton ts/km². Dessa län har också de kortaste transportavstånden, upp till 47 km för en anläggning med ett behov om 200 000 ton ts grot och när 100% finns tillgängligt, alternativt för en anläggning om 100 000 ton ts grot och när 50% finns tillgängligt. Om årsbehovet är 200 000 ton och 50% av grot-potentialen finns tillgänglig ökar transportavståndet upp till cirka 67 km.

När det gäller sågspån är densiteten högst i Halland följt av Kalmar och Jönköping. Förutom att transportavstånden beror av densiteten av sågspån i respektive län beror dessa också på hur stor punktkälla som finns inom länet, d v s storleken på det största sågverket där en

samlökalisering med en biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning antas ske. Idag finns 17 sågverk med en årsproduktion över 300 000 m³ sågad vara där minst 40 000 ton ts sågspån produceras årligen. Vid ett årsbehov om 200 000 ton ts sågspån och när hela bruttopotentialen finns tillgänglig, alternativt vid ett årsbehov om 100 000 ton ts sågspån och när 50% finns tillgänglig, beräknas transportavståndet till mellan 49 km upp till 146 km i olika län, med ett genomsnitt för Sverige om 85 km. Transportavstånden är som kortast i södra Sverige där de uppgår till mellan cirka 50 och 70 km, medan det i mellersta Sverige uppgår till mellan cirka 70 och 100 km och i norra Norrland till mellan cirka 100 och 150 km.

Densiteten bark per län är högst i Halland följt av Kalmar, Västernorrland, Blekinge, Gävleborg och Värmland. När det gäller bark-baserad biodrivmedels-/bioflygbränsleproduktion kan den största punktkällan där en samlökalisering med en storskalig produktionsanläggning antas ske antingen utgöras av ett massabruk eller ett sågverk. I 70% av länen utgörs den största punktkällan av ett massabruk medan det i 30% av länen utgörs av ett sågverk. Idag finns 6 massabruk med en årsproduktion över 700 000 ton massa där minst 66 000 ton ts bark genereras. Det genomsnittliga transportavståndet för en produktionsanläggning för biodrivmedel/bioflygbränslen med ett årsbehov om 100 000 ton ts bark beräknas till cirka 30 km, men bedöms kunna variera från 1 km upp till 89 km i olika län. I fem län bedöms det genomsnittliga transportavståndet kunna bli kortare än 10 km förutsatt att all bark finns tillgänglig. Om produktionsanläggningen fördubblas i storlek motsvarande ett årsbehov om 200 000 ton ts bark, alternativt 100 000 ton ts när 50% av barken finns tillgänglig, ökar det genomsnittliga transportavståndet till mellan 55 km upp till 188 km i olika län, med ett genomsnitt om 130 km. Transportavstånden är som kortast i Värmland, följt av Gävleborg, Västernorrland och Kalmar där avståndet inte bedöms överstiga 70 km.

Densiteten lignin per län är som högst i Blekinge följt av Halland, Gävleborg, Västernorrland och Värmland. Totalt finns idag 20 sulfatmassabruk där de fem största genererar knappt 40% av ligninpotentialen och där årsproduktionen (vid ett uttag om 25%) motsvarar cirka 100 000 ton ts per år. Detta motsvarar således årsbehovet för en storskalig biodrivmedels-/bioflygbränsleanläggning i denna storleksklass, eller 50% när produktionsanläggningen fördubblas till ett årsbehov om 200 000 ton ts lignin per år.

6 REFERENSER

Andersson L. (2020). Enabling industrial energy benchmarking – Process-level energy end-use, key performance indicators, and efficiency potential. Dissertation No. 2076, Linköping Studies in Science and Technology, Linköping University.

Backlund B., Nordström M. (2014). Nya produkter från skogsråvara – en översikt av läget 2014. Arbetsrapport nr. 854-2014. Skogforsk, Uppsala.

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. (2016). Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Rapport Nr 97, Miljö- och energisystem, Lunds Universitet.

Biometria (2019). Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2014-2018. Uppsala.

de Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B. (2018). Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag – En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011-2016. Rapport ER 2018:02, Energimyndigheten, Eskilstuna.

de Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B. (2017). Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management*, 383, 3–16.

Dernegård, H. (2021). Miljöchef, Holmen. Personlig kommunikation.

Energimyndigheten (2020a). Energiläget 2020. Eskilstuna.

Energimyndigheten (2020b). Övervakningsrapport avseende skattebefrielse för vissa biobränslen vid användning som bränsle för uppvärmning år 2019. PM till Regeringskansliet, Infrastrukturdepartementet, Dnr 2020-000417.

Energimyndigheten (2017). Produktion av oförädlade trädbränslen 2016. ES 2017:9. Eskilstuna.

Ericsson K. (2021). Opportunities for the integrated production of drop-in biojet fuel in Sweden. *Manuscript*, submitted.

EU (2018). European Union *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.*; Web-accessed at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>: 2018.

IRENA (2019). Bioenergy from boreal forests: Swedish approach to sustainable wood use. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IVA (2020). 50 procent effektivare energianvändning 2050 – Slutrapport från IVAs projekt Ett energieffektivt samhälle. Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm.

Jafri Y., Wetterlund E., Anheden M., Kulander I., Håkansson Å., Furusjö E. (2019a). Multi-aspect evaluation of integrated forest-based biofuel production pathways: Part 1. Product yields & energetic performance. *Energy*, 166, 401-13.

Jafri Y., Wetterlund E., Anheden M., Kulander I., Håkansson Å., Furusjö E. (2019b). Multi-aspect evaluation of integrated forest-based biofuel production pathways : Part 2, economics, GHG emissions, technology maturity and production potentials. *Energy*, 172, 1312-28.

Karjalainen M. (2018). The bark formed as an industrial by-product in Central Ostrobothnia, Ostrobothnia and Southern Ostrobothnia. Natural Resources Institute Finland (LUKE), Kokkola, Finland.

Lundmark R., Forsell N., Leduc S., Lundgren J., Ouraich I., Pettersson K., Wetterlund E. (2018). Large-scale implementation of biorefineries – New value chains, products and efficient biomass feedstock utilisation. Report, Luleå University of Technology.

Naturvårdsverket (2010). Sågverk – Fakta om branschen och dess miljöpåverkan. Branschfakta utgåva 1, april 2010. Stockholm.

Nilsson P.O. (2006). Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004. Rapport 23, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Novator (2019). <http://www.novator.se/bioenergy/facts/fakta-1.html>

Pettersson M., Björnsson L. (2019). Aska från samförbränning av returträ och andra biobränslen. Rapport nr 112, Miljö- och energisystem, Lunds universitet.

Pyrocell (2021). <https://www.setragroup.com/sv/pyrocell/>

Pöyry (2016). Bioenergi från skog och skogsindustri. Stockholm.

Riksbanken (2020). <https://www.riksbank.se/sv/statistik/sok-rantor--valutakurser/arsgenomsnitt-valutakurser/>

Skogsindustrierna (2020). <https://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/vara-medlemmar/karta/>

Skogsstyrelsen (2015). Skogliga konsekvensanalyser, SKA-15. Jönköping.

Södra (2020). Årsredovisning och hållbarhetsredovisning 2019. Södra Skogsägarna, Växjö.

UNECE (2020). <https://www.unece.org/forests/output/prices.html>

Wetterlund E., Granberg F., Furusjö E. (2017). Bioflygbränsle från skogsråvara – Delrapport AP1 Råvaror och produktionsteknik. Luleå Tekniska Universitet & IVL Svenska Miljöinstitutet.