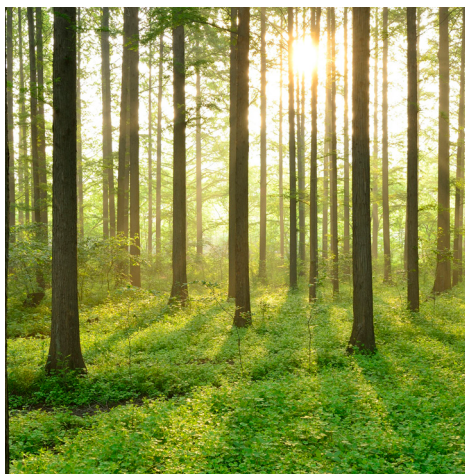


DEN SVENSKA SKOGSRESURSEN

RAPPORT 2021:821



Den svenska skogssresursen – Konkurrensen om den svenska skogsråvaran

JULIA HANSSON, SOFIE HELLSTEN, PÅL BÖRJESSON OCH GUSTAF EGNELL

ISBN 978-91-7673-821-4 | © Energiforsk december 2021

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

Förord

Råvaror från skogen har en nyckelroll i omställningen av Sverige till ett koldioxidneutralt samhälle. Skogsråvara kan användas för en rad ändamål, bland annat förtillverkning av massa, papper, sågade trävaror, biobränslen och som industriell insatsråvara. Allt fler industrier ser också bioråvaror som ett viktigt substitut för att kunna fasa ut fossila råvaror och bränslen. Mycket talar därför för att både den nationella och den internationella efterfrågan på skogsråvaror från den svenska skogen kommer att öka i framtiden. Men det finns också flera orosmoln. Det gäller både det möjliga framtida uttaget av skogsråvaror och synen på dessa nfigurär det gäller klimatneutralitet.

Energiforsk har i en stor forskningssatsning samlat ledande experter för att genomföra en sektorsövergripande analys av hur efterfrågan på den svenska skogsråvaran för olika ändamål kan komma att utvecklas i framtiden och vilka förutsättningar det finns för att möta den ökade efterfrågan när olika intressen ställs mot varandra. Resultaten redovisas i fem delrapporter och en sammanfattande syntesrapport.

För den här delrapporten ansvarar Julia Hansson och Sofie Hellsten IVL Svenska Miljöinstitutet, Pål Börjesson Lunds universitet och Hustaf Egnell Sveriges Lantbruksuniversitet.

Huvudprojektledare för satsningen har varit Mattias Bisaillon (Profu) och analyserna har utförts av ett 20-tal forskare och experter från Profu, IVL Svenska Miljöinstitutet, Chalmers Tekniska Högskola, Lunds Universitet och SLU. Bo Diczfalusy, Bodiz Consulting AB har varit projektets ordförande. Projektet har genomförts i nära samverkan och dialog med ett trettiotal företag, organisationer och myndigheter som medverkat i projektets styrgrupp.

Energiforsk vill rikta ett stort tack till alla medverkande i projektet. Energiforsk vill också rikta ett särskilt tack till Energimyndigheten samt deltagande företag och organisationer som har finansierat projektet.

Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Den svenska skogen har en viktig roll att spela även i framtiden. Till 2045 förväntas det möjliga utbudet öka för både sågtimmer, massaved och framförallt för skogsbränslen. Många faktorer påverkar det framtida utbudet, framförallt på längre sikt efter 2045 (t.ex. skogsskötselrelaterade åtgärder och klimatpåverkan). Politiska styrmedel påverkar i stor utsträckning hur skogsresursen kommer att utnyttjas och därmed det möjliga utbudet men även efterfrågan från olika användningsområden.

Projektet "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran (KOS)" syftar till att ge framtidsbilder av hur skogsbruket och efterfrågan på den svenska skogsråvaran kan komma att se ut 2030 och 2045 beroende på politiska mål, styrmedel och utvecklingen i näringsliv och samhälle. Totalt omfattar projektet 10 delprojekt. Projektets övergripande resultat och slutsatser baseras på en sammanvägning av resultaten från de olika delprojekten och presenteras i rapporten "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran – syntesrapport". Denna rapport redovisar resultat från delprojekt 1.

Ökad användning av olika typer av skogsråvaror lyfts ofta fram som en viktig åtgärd för att nå framtida klimatrelaterade mål. I vilken utsträckning kan den svenska skogsråvaran bidra till en mer biobaserad samhällsekonomi? Vad påverkar det möjliga bidraget? Denna rapport behandlar dessa frågor och inkluderar (i) en beskrivning av den svenska skogsresursen i dagsläget, (ii) uppskattningar av utbud av olika sortiment av skogsråvara i perspektiven 2030 och 2045, (iii) en sammanställning av befintliga uppskattningar av kostnader/priser för olika sortiment och (iv) en kortfattad översikt av faktorer som bedöms kunna påverka det möjliga framtida utbudet.

Den svenska skogen genererar en rad olika sortiment inklusive sågtimmer, massaved och olika typer av oförädlade och förädlade trädbränslen. Skogsavverkningen sker idag i första hand för sågtimmer följt av massaved. Skogsråvara för energiändamål utgörs huvudsakligen av rest- och biprodukter. I rapporten presenteras framtida uppskattningar av tillgången på svensk skogsbaserad biomassa för år 2030, 2045 och 2050, fördelade på sågtimmer, massaved och skogsbränslen (i energitermer, TWh) för fyra olika illustrativa scenarier. Till 2045 förväntas det möjliga utbudet öka för dessa tre kategorier och främst för skogsbränslen. För 2030 och 2045 är skillnaden i det möjliga framtida utbudet av svensk skogsråvara mellan de olika scenarierna relativt måttlig, men kan komma att påverkas av en rad olika faktorer. Många skogsskötselåtgärder (som trädslagsval och plan för gallring eller avverkningsmetod) påverkar först på relativt lång sikt (efter 2050) medan beslut som minskar arealen skogsmark tillgänglig för virkesproduktion (t.ex. ytterligare hänsyn till biologisk mångfald genom att öka andelen skyddad mark eller andra insatser som minskar det möjliga uttaget) påverkar tillgången direkt. I slutändan påverkar i stor utsträckning olika politiska styrmedel hur vi kommer att utnyttja skogsresursen och därmed det möjliga utbudet.

Priserna för olika sortiment av skogsbiomassa har varierat över tiden. Det finns ett relativt begränsat antal studier som uppskattar framtida kostnader i förhållande till utbud för olika sortiment från den svenska skogen. Kostnaderna bedöms vara ungefär lika för de olika scenarierna i denna studie. Men efterfrågan på skogsråvara till olika användningsområden bedöms vara central för det framtida möjliga utbudet och för priset för olika sortiment.

Nyckelord

Skog, potential, utbud, råvara, scenarier, pris, biobränslen, timmer, massaved

Summary

The Swedish forest has an important role to play also in the future. By 2045, the potential supply is expected to increase for both saw timber, pulpwood and, above all, for forest fuels. Many factors affect future supply, especially in the longer term after 2045 (e.g. forest management-related measures and climate impact). Policies largely affect how the forest resource will be utilized and thus possible future supply but also the demand for different areas of use.

The project “Competition for the Swedish forest raw material (KOS)” aims to provide insights of what forestry and demand for the Swedish forest raw material may look like in 2030 and 2045 depending on political goals, instruments and developments in business and society. In total, the project comprises 10 sub-projects. The overall results and conclusions for the entire project are based on the results from the various sub-projects and are presented in the report “Competition for the Swedish forest raw material – synthesis report”. This report presents the results of subproject 1.

Increased use of different types of forest raw materials is often highlighted as an important measure to achieve future climate-related goals. To what extent can the Swedish forests contribute to a more bio-based economy? What factors affect the possible contribution? This report addresses these issues and includes (i) a description of the current Swedish forest resource, (ii) estimates of the future supply of different forest raw materials in 2030 and 2045, (iii) a review of existing estimates of costs/prices for different types of forest raw materials and (iv) a brief overview of factors that may influence the possible future supply.

The Swedish forest generates a number of different assortments, including timber, pulpwood and various types of fuels. Logging mainly occurs to produce timber followed by pulpwood. Forest raw materials for energy purposes mainly consist of forest by-products. This report presents future estimates of the availability of Swedish forest-based biomass for the years 2030, 2045 and 2050, divided into timber, pulpwood and forest fuels (in energy terms, TWh) for four different illustrative scenarios. By 2045, the potential supply is expected to increase for these three categories and mainly for forest fuels. For 2030–2045, the difference in the possible future supply of Swedish forest raw materials in the various scenarios is relatively moderate, but may be affected by a number of different factors. Many forest management measures (such as choice of tree species or felling method) will only affect in the long term (after 2050) while decisions that reduce the area of forest land available for logging (e.g. further consideration of biodiversity by increasing the proportion of protected land or other efforts that reduce logging harvest) directly affects the supply. In the end, various policies largely influence how we will utilize the forest resource in the future and thus the possible supply.

Prices for different types of forest biomass have varied over time. A relatively limited number of studies estimate future costs in relation to supply for different types of forest raw material from Swedish forests. The costs are expected to be fairly similar between the different scenarios in this study. But the demand for forest raw materials for different areas of use may be central for future possible supply and for price setting of different forest commodities.

Innehåll

1	Introduktion	8
2	Den svenska skogsresursen i dagsläget	9
2.1	Nuvarande tillgång och potential av skogsråvara	11
2.2	Dagens användning av skogsbiomassa och biobränsleanvändning	13
2.2.1	Biobränsleanvändning	15
3	Den framtida svenska skogsresursen	19
3.1	Den framtida svenska biomassapotentialet	20
3.1.1	Exempel på osäkerheter	21
3.1.2	Scenarier för sågtimmer & massaved	21
3.1.3	Scenarier för skogsbränslen	22
3.1.4	Potentialet för olika sortiment av framtida svensk skogsbaserad biomassa	23
3.2	Energigrödor	28
4	Priser/kostnader för olika sortiment	29
4.1	Framtida kostnader	32
5	Faktorer som påverkar framtida tillgång, utbud och kostnader	40
5.1	VIDare beskrivning av ett urval faktorer	44
6	Referenslista	48
7	Bilaga A: Beskrivning av studier med uppskattningar av framtida kostnader	52
7.1	Lundmark m.fl. (2015)	52
7.2	Ouraich m.fl. (2018)	54
7.3	Di Fulvio m.fl. (2016)	54
7.4	Bryngemark (2019)	55

1 Introduktion

Hur kan den svenska skogsråvaran bidra till en mer biobaserad samhällsekonomi? Denna rapport beskriver den svenska skogsresursen i dagsläget och presenterar uppskattningar av möjligt utbud av olika sortiment av skogsråvara i perspektiven 2030 och 2045. Nuvarande och framtida kostnader/priser och andra faktorer som bedöms kunna påverka det möjliga utbudet berörs också kortfattat.

Projektet "På väg mot en biobaserad samhällsekonomi. Hur påverkas konkurrensen om den svenska skogsråvaran?" eller kort "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran (KOS)" genomförs av Energiforsk i samverkan med Chalmers tekniska högskola, Lunds universitet, IVL Svenska Miljöinstitutet, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) samt Profu och samfinansieras mellan energiföretag, industri och myndigheter. Projektets övergripande syfte är att ge framtidsbilder av hur skogsbruket och efterfrågan på den svenska skogsråvaran kan komma att se ut 2030 och 2045 beroende på politiska mål, styrmedel och utvecklingen i näringsliv och samhälle. Totalt omfattar projektet 10 delprojekt. De övergripande resultaten och slutsatserna för hela projektet baseras på en sammanvägning av resultaten från de olika delprojekten och presenteras i rapporten "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran – syntesrapport".

Målet med delprojekt 1 "Den svenska skogsresursen" i projektet är att bidra med en kartläggning av den svenska skogsresursens storlek och sammansättning i dagsläget och fram till 2045 samt en beskrivning av dagens prisnivåer och användningsområden. Det ingår också att identifiera och kort diskutera betydelsen av faktorer som påverkar skogstillväxt och utbudet av skogsråvara såväl som att göra en genomgång av möjliga framtida kostnader/priser. Möjlig framtida efterfrågan och användning av skogsråvara inom olika sektorer analyseras i projektets övriga delprojekt som även jämför möjligt utbud med möjlig efterfrågan.

Denna rapport från delprojekt 1 fokuserar på att bidra med (i) en beskrivning av den svenska skogsresursen i dagsläget, (ii) uppskattningar av utbud av olika sortiment av skogsråvara i perspektiven 2030 och 2045, (iii) en sammanställning av befintliga uppskattningar av kostnader/priser för olika sortiment av skogsråvara och (iv) en kortfattad översikt av faktorer som bedöms kunna påverka det möjliga utbudet. Rapporten baseras på en genomgång av relevant litteratur.

2 Den svenska skogsresursen i dagsläget

Den svenska skogen genererar en rad olika sortiment inklusive sågtimmer, massaved och olika typer av oförädlade och förädlade trädbränslen. Beslut om skogsavverkning drivs framförallt av efterfrågan och pris på sågtimmer och massaved. Skogsråvara för energi eller drivmedel är huvudsakligen restprodukter.

I Sverige finns enligt FAO:s¹ definition 27,9 miljoner hektar skogsmark, varav 23,5 miljoner hektar i dagsläget är produktiv skogsmark (enligt den svenska definitionen med en medeltillväxt på minst en kubikmeter per hektar och år), vilket motsvarar ungefär 55 % av den totala landytan (Riksskogstaxeringen, 2021). Den brukade produktiva skogsmarksarealen utanför formellt skyddade områden (virkesproduktionsmarken) domineras av barrskog där tallbestånd utgör ungefär 40 %, gran 28 %, contortatall 2 % och barrblandskog 13 %, se Tabell 1. Även om arealen talldominerad skog är störst så utgör gran en större andel av virkesförrådet (40 %), se Tabell 2, vilket framför allt beror på att tallen ofta växer på svagare marker. Det är främst tillväxten på virkesproduktionsmarken och dess totala areal som sätter gränsen för hur mycket skogsråvara som den svenska skogen kan bidra med även om vissa kvantiteter kan komma att tas från annan mark.

Tabell 1. Arealen produktiv skogsmark och virkesproduktionsmark (produktiv skogsmark utanför formellt skyddade områden) fördelat på beståndstyper, 2016–2020. Källa: Riksskogstaxeringen (2021)

	Utanför formellt skyddade områden ¹	
Areal produktiv skogsmark (1000 ha)	23474	22149
Procent av produktiv skogsmarksareal		
Tall (> 65 % tall och lärk)	39,8	40,2
Gran (> 65 % gran)	27,7	27,0
Contorta (> 65 % contortatall)	2,0	2,1
Barrbland (> 65 % barrträd)	12,8	12,9
Bland (35–65 % lövträd)	7,0	7,1
Löv (>65 % lövträd)	6,4	6,4
Ädel ² (>65 % lövträd och >45 % ädla lövträd)	1,0	0,9
Slh=0 (Slutenheten är 0, inga trädslagsandelar registrerade)	3,2	3,4

1) Nationalparker, Naturreservat, Skogliga biotopskyddsområden, Natura 2000 skogshabitat mm.

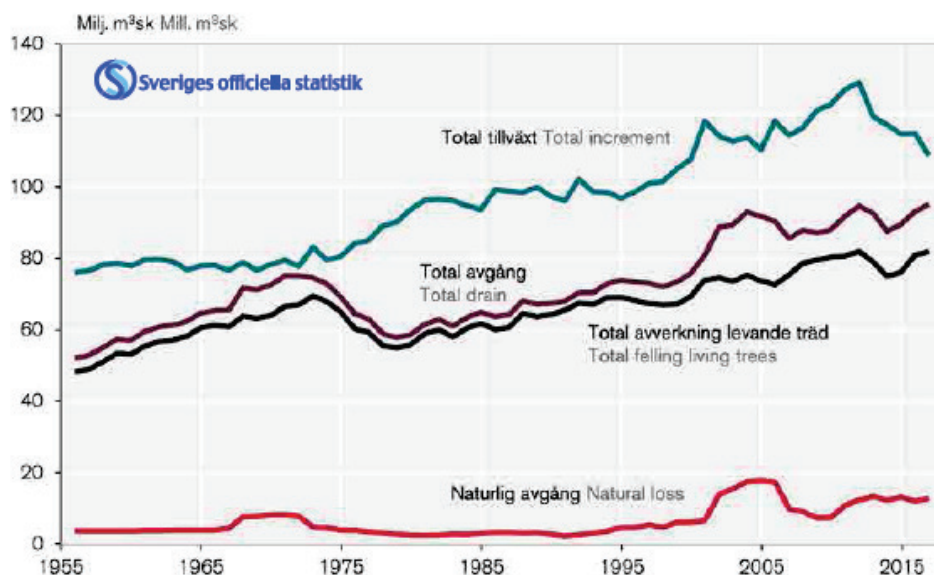
2) Ädla lövträd är ek, bok, alm, ask, lind, lönn, avenbok och fågelbär

Skogens årliga tillväxt har ökat från omkring 80 miljoner m³sk 1960, till omkring 130 miljoner m³sk som mest under 2010-talet, vilket motsvarar en genomsnittlig ökning på nästan 1 procent per år, se Figur 1. Den ökade tillväxten kan framförallt förklaras med ett ökat virkesförråd, men bättre skogsskötsel och klimatförändringen har sannolikt också spelat viss roll. Däremot visar Riksskogstaxeringen (2021) en negativ tillväxttrend under de senaste fem åren, främst beroende på en minskad tillväxt för gran. Denna tillväxtminskning beror troligtvis på ökade avverkningsnivåer och ökad naturlig avgång, bl.a. orsakat av torkan 2018 samt efterföljande granbarkborre-angrepp.

¹ Food and Agricultural Organization of the United Nations

Tabell 2. Virkesförrådet levande träd fördelat på trädslag 2015–2019 (exklusive ägoslagen fjäll och bebyggd mark). Källa: Riksskogstaxeringen (2021)

Trädslag	Virkesförråd (milj. m ³ sk)	Trädslagsandel (%)
Gran	1419	39,7
Tall	1406	39,3
Björk	461	12,9
Asp	63,1	1,8
Al	61,8	1,7
Ek	47,8	1,3
Contorta	45,8	1,3
Bok	23,3	0,7
Sälg	17,8	0,5
Övriga trädslag	28,8	0,8
Summa	3574	100,0



Figur 1. Total årlig tillväxt (inklusive tillväxt för avverkat träd), total årlig avgång, total årlig avverkning av levande träd och årlig naturlig avgång på produktiv skogsmark (utanför formellt skyddade områden enligt 2019 års gränser). Glidande femårsmedelvärden 1956–2017. Källa: Riksskogstaxeringen (2021)

Skogens tillväxt och virkesförråd skiljer sig åt i olika delar av landet. På produktiv skogsmark är virkesförrådet per hektar högst i Götaland (182 m³sk/ha) och lägst i norra Norrland (100 m³sk/ha) (Riksskogstaxeringen, 2021). Det totala virkesförrådet på produktiv skogsmark är ca 3,6 miljarder m³sk (exklusive virkesförrådet i fjällen) (Riksskogstaxeringen, 2021).

Det är dock inte all produktiv skogsmark som brukas eftersom vissa arealer omfattar formellt skyddade områden (motsvarandes ungefär 8 procent av den totala skogsmarksarealen), eller så har markägarna tagit arealer ur bruk, exempelvis genom frivilliga avsättningar eller hänsynsytor (dessa två kategorier motsvarar ungefär 4 procent respektive 2 procent av den totala skogsmarksarealen), där inget eller ett begränsat uttag sker (Skogsstyrelsen, 2019). Därtill

² Skogskubikmeter (m³sk) omfattar hela stammens volym, från stubben och uppåt, inklusive topp och bark, men utan grenar.

tillkommer improduktiv skogsmark (som utgör ungefär 12 procent av den totala skogsmarksarealen) (Skogsstyrelsen, 2019).

Skattningar av virkesförråd, tillväxt och avgång på virkesproduktionsmark görs vart femte år, och nu senast för tidsperioden 2013–2017. Den genomsnittliga årliga nettotillväxten på virkesproduktionsmark motsvarade 94,8 miljoner m³sk (2013–2017), vilket kan jämföras med den årliga bruttoavverkningen på 89,0 miljoner m³sk under motsvarande period. Bruttoavverkning omfattar allt virke som fälls (även det som ligger kvar i skogen), medan nettoavverkning endast omfattar den del av alla fällda träd som tagits ut ur skogen för användning i industri, energimarknad eller för självhushåll (ved).

2.1 NUVARANDE TILLGÅNG OCH POTENTIAL AV SKOGSRÅVARA

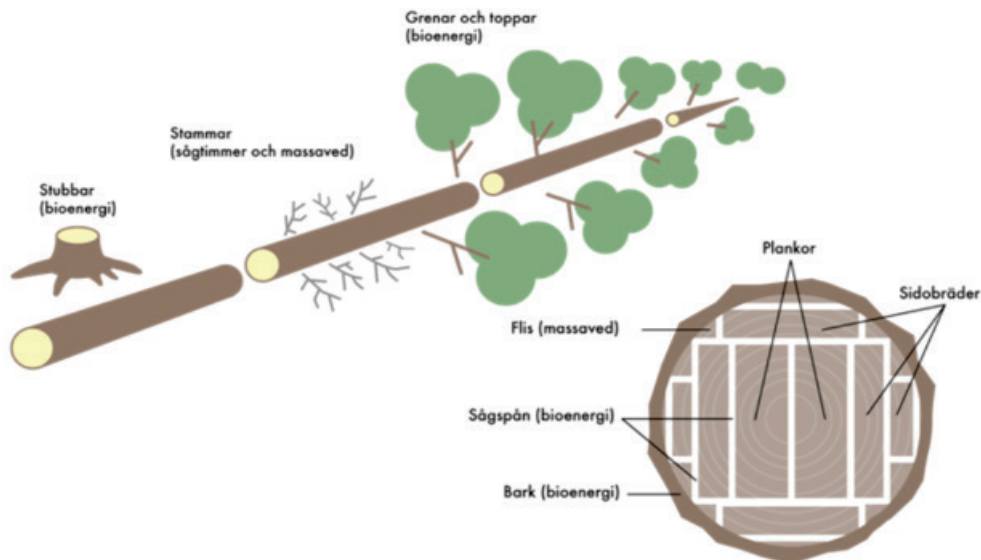
Genomsnittlig årlig avverkning (rundved) i Sverige under den senaste femårsperioden (2016–2020) ligger på ca 92,0 miljoner m³sk (brutto) och 88,5 miljoner m³sk (netto) enligt Skogsstyrelsen (2021a). Under tidsperioden 2013–2017 var avverkningsnivåerna 90,3 miljoner m³sk (brutto) och 87,2 miljoner m³sk (netto) (Skogsstyrelsen, 2021a). Riksskogstaxeringen (2021) uppskattade den årliga bruttoavverkningen (levande och döda träd) på virkesproduktionsmark till 89 miljoner m³sk under motsvarande period, vilket kan jämföras med nettotillväxten (tillväxt minus årlig naturlig avgång) på 94,8 miljoner m³sk (Riksskogstaxeringen, 2021). På virkesproduktionsmark är således skillnaden mellan avverkning och tillväxt relativt liten. Om man istället tittar på hela skogsmarksarealen så blir skillnaden betydligt större. Den årliga bruttoavverkningen på skogsmark (89,2 miljoner m³sk) kan jämföras med nettotillväxten på 114 miljoner m³sk (Riksskogstaxeringen, 2021).

Riksskogstaxeringen och Skogsstyrelsen har olika metod för att skatta och redovisa avverkningsnivån. Riksskogstaxeringens avverkningsciffror baseras på mätningar i fält. Skogsstyrelsen räknar fram avverkningsciffrorna baserat på industrins och energimarknadens förbrukning av rundvirke. Skogsstyrelsens bruttoavverkningsmodell tenderar att överskatta avverkningsvolymen, medan Riksskogstaxeringen har en viss undertäckning, men även om skillnaden i avverkad volym mellan dessa båda metoderna är stor för vissa enskilda år så är skillnaden inte så stor för genomsnittsvärden över flera år (Skogsstyrelsen, 2020c). Skogsstyrelsens uppgifter om bruttoavverkning utgör den officiella siffran för Sveriges årliga avverkning och ingår i den offentliga svenska statistiken.

Utöver avverkningsvolymerna tillkommer även det möjliga uttaget av hyggesrester, huvudsakligen grenar och toppar (grot), men även klen rundved. Därtill tillkommer importen av rundvirke (7,7 miljoner kubikmeter 2019) (Skogsstyrelsen, 2020a). Även en viss import av skogs-baserade bränslen (< 3 TWh/år under de senaste fem åren) tillkommer (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021e). Även utbudet av återvunna trädbränslen tillkommer, en andel som har ökat under de senaste åren (Energimyndighetens Statistikdatabas, 2021a).

Nästan alla delar av rundveden från de avverkade träden används, antingen för industriella syften (sågtimmer och massaved), eller för bioenergi, se Figur 2. Under 2019 utgjorde barrsågtimmer omkring 49 % av nettoavverkningen, 43 % utgjordes av massaved, 7 % av brännved (hushållsved) samt någon procent utgjordes av övrigt virke (Skogsstyrelsen, 2020a). Sågverkens biprodukter omfattas av flis, sågspån, kutterspån och bark. Majoriteten av flis (ca 90 %) går till träfiberindustrin (vilket inkluderar massa- och pappersbruk samt produktion av spånskivor etc.), medan större delen av sågspån, kutterspån och bark går till bränsle (bioenergi) (Biometria, 2019). När brädor och plank har tagit sig igenom torkningsprocessen uppstår torrflis och hyvelspån i den vidare förädlingen vilket också till stor del går till bioenergi.

För varje miljon kubikmeter som förbrukas i skogsindustrin så uppstår ungefär 1 TWh bioenergi som biprodukter (Lundmark, 2020). Därtill kommer även ett visst uttag av hyggesrester (framförallt grot) som används i huvudsak för energiändamål. Uttag av grot sker framförallt efter förnygringsav-verkning, och endast en mindre del tas ut i samband med gallring.



Figur 2. Trädets beståndsdelar och användning. Illustration från Skogsindustrierna av vad de olika träddelarna har för möjliga användningsområden (sågtimmer, massaved eller bioenergi). I vilken utstäckning som stubbar ska användas för bioenergiändamål är omdiskuterat (se vidare i avsnitt 3.1.4). Källa: Skogsindustrierna

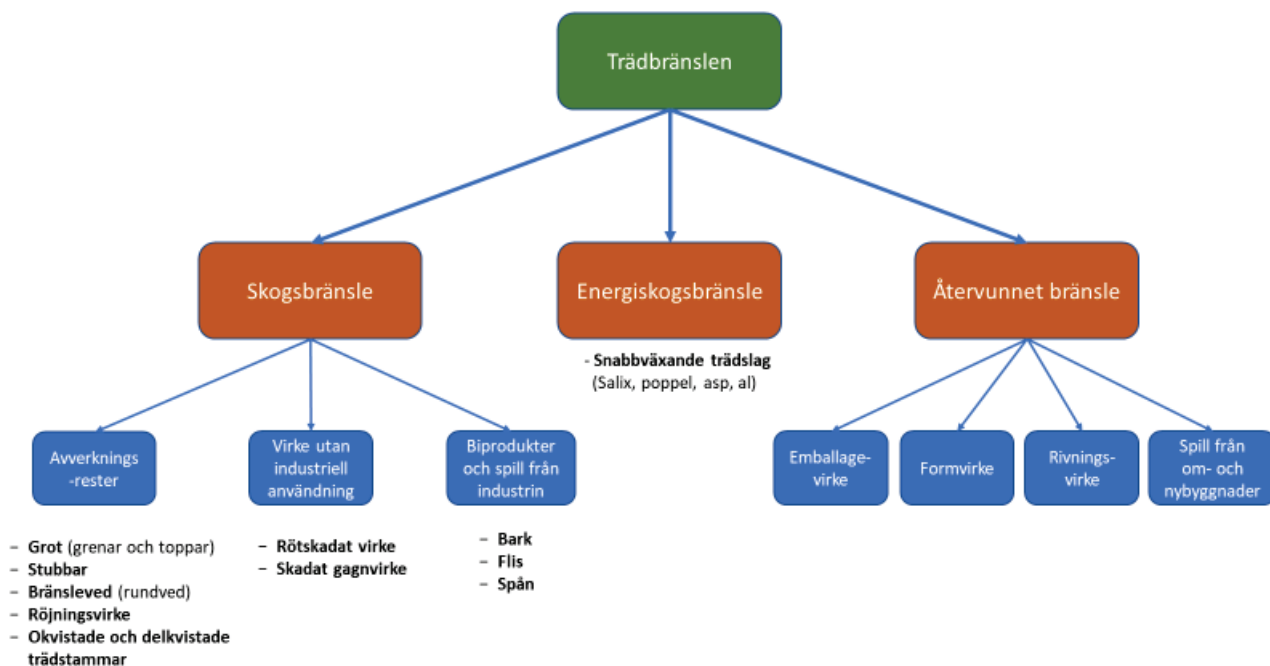
Statistiken för olika sortiment av svensk skogsråvara idag (för år 2019 samt ett genomsnitt för femårsperioden 2015–2019) uttryckt i energitermer presenteras i Tabell 7 i avsnitt 3, (tillsammans med uppskattningar av den framtida potentialen).

Trädbränslen kan kategoriseras i tre grupper utifrån ursprung (Energimyndigheten, 2020), enligt tidigare svensk standard för fasta biobränslen och torv, SIS SS 187106), se Figur 3 nämligen:

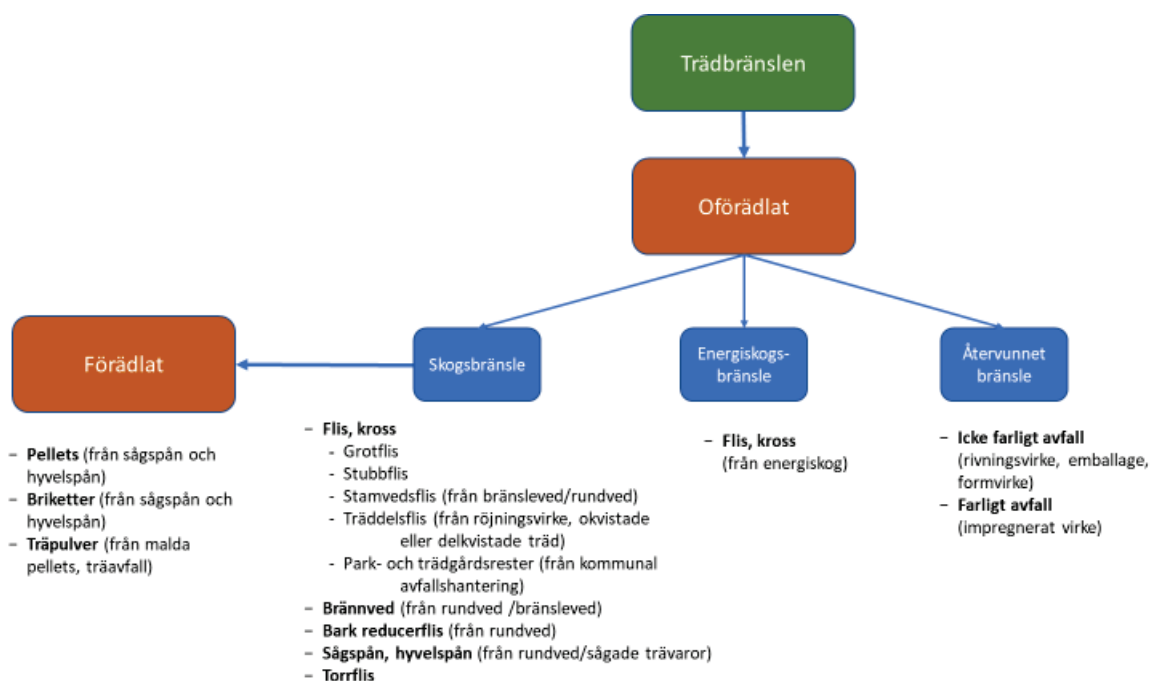
- (i) Skogsbränslen, vilket inkluderar råvaror som inte haft någon tidigare användning, exempelvis avverkningsrester, virke utan industriell användning och biprodukter från industrin,
- (ii) Energiskogsbränslen, vilket avser råvaror från snabbväxande trädslag.
- (iii) Återvunna trädbränslen, vilket avser råvaror som har haft tidigare användning, exempelvis emballagevirke, formvirke, rivningsvirke och spill från om- och nybyggnader.

Utöver trädbränslen tillkommer avlutar (en biprodukt inom massa- och pappersindustrin) som innehåller restkemikalier och nedbrutna veds substanser (huvudsakligen lignin) och som framförallt används som energikälla inom den egna industrin (se Figur 8).

Trädbränslen kan också delas upp i oförädlade och förädlade trädbränslen, se Figur 4. Oförädlade trädbränslen (exempelvis flis, kross, spån, bark och brännved) används direkt som bränsle, eller förädlas vidare till förädlade trädbränslen (pellets, briketter eller träpulver).



Figur 3. Kategorisering av trädbränslen utifrån råvarans ursprung. Källa: Framtagen efter Sandin m.fl. (2019)



Figur 4. Kategorisering av trädbränslen utifrån bränslesortiment. Källa: Sandin m.fl. (2019)

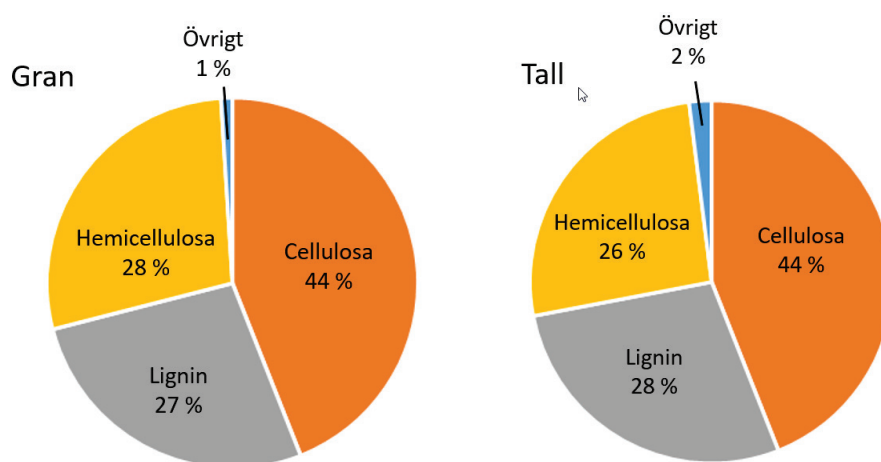
2.2 DAGENS ANVÄNDNING AV SKOGSBIOMASSA OCH BIOBRÄNSLEANVÄNDNING

Av den avverkade rundveden slutar knappt 25 procent som trävaror och drygt 25 procent blir pappersmassa (papper, kartong, textilfiber m.m.). Återstoden av rundveden (ca 50 procent) faller redan då den processas i industrin ut som en biprodukt och används för energi antingen direkt hos sågverk, massaindustrin eller för el- och värmeproduktion, se Figur 6 nedan.

Ungefär hälften av rundveden blir sågtimmer, varav ungefär hälften av sågtimret i sin tur blir trävaror (ca 25 procent av rundveden). Den återstående delen (rester i form av flis, bark och spån) används dels inom massaindustrin (cellulosaflis i huvudsak från stammens yttre delar där fibrerna är längre) och för energiändamål, både internt i sågverkens torkar och externt.

Drygt 40 procent av rundveden blir massaved till cellulosaindustrin. Barken (ca 10 procent) är en biprodukt som används för energiändamål. Hur stor del av den återstående delen av veden som blir pappersmassa beror på brukets process (sulfatbruk eller mekaniskt bruk), där de mekaniska bruken har ett högre förädlingsutbyte, d.v.s att en större andel av veden blir pappersmassa.

Ved (från tall och gran) består till största delen av cellulosa (44 %), lignin (27–28 %) och hemicellulosa (26–28 %) (Backlund & Nordström, 2014), se Figur 5.



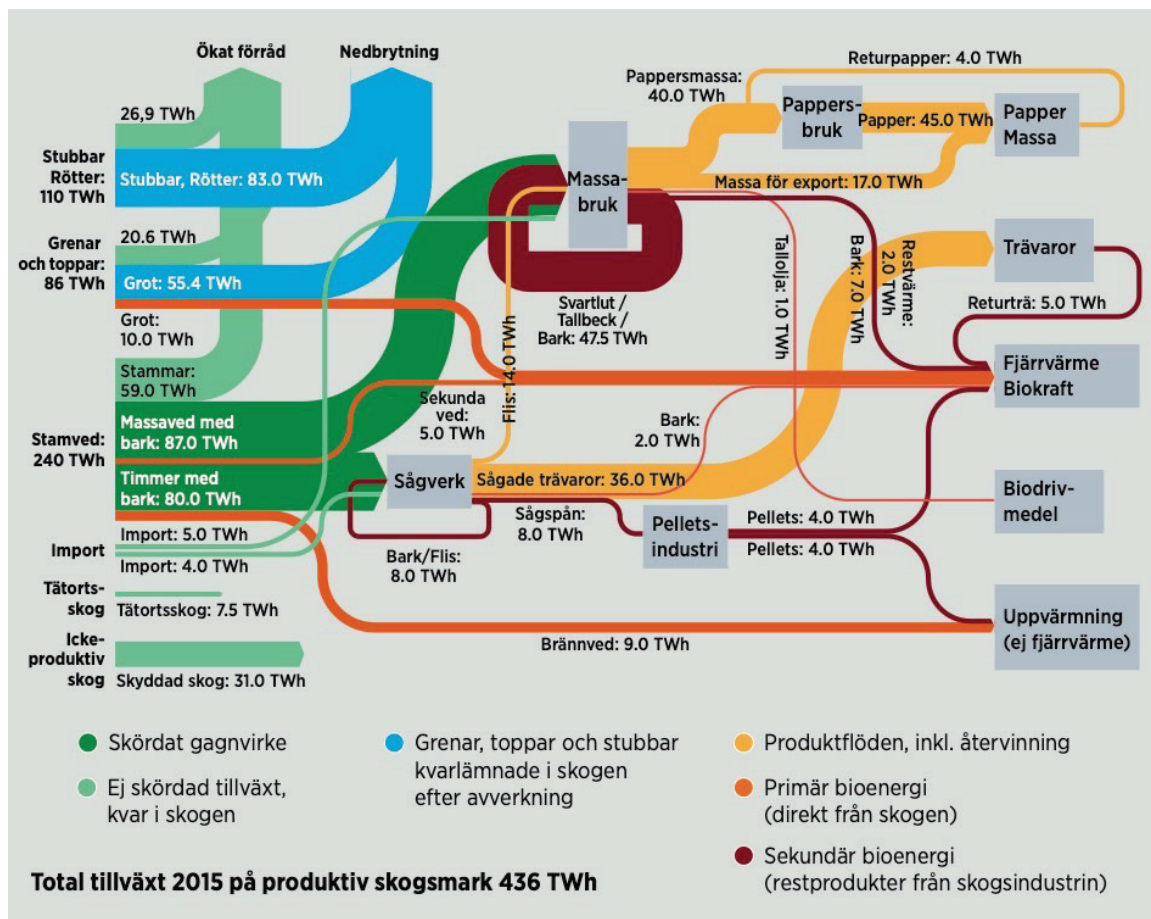
Figur 5. Vedens beståndsdelar (gran och tall). Baserat på Backlund & Nordström (2014).

I sulfatprocessen används cellulosan för pappersmassa, och återstoden av veden bränns i huvudsak upp i sodapannan, vars energi används som processvärme för torkning i massa och pappersprocessen samt i många fall även för elproduktion. I takt med att sulfatbruk har ersatt mekaniska bruk har energiandelen ökat och massautbytet minskat. Från sulfatprocessen får man även svartlut (en avlut), som är en flytande biprodukt främst bestående av lignin, hemicellulosa och kokkemikalier som idag främst används för energiändamål. Drygt hälften av massaveden blir tämligen omgående energi, varav huvuddelen av det som bränns upp är lignin. Det finns dock olika initiativ för att öka förädlingsgraden av lignin, liksom för övriga biprodukter som sågspån från sågverk, till exempel genom att producera så kallade avancerade biodrivmedel.

Det rundvirke som inte kan användas som sågtimmer eller massaved, exempelvis rötskadat eller barkborreangripet virke, blir rundveds- och trädelsflis och går oftast till fjärrvärmeverken. Idag utgör denna andel < 4 procent av rundveden, men det är möjligt att denna andel ökar framöver som en konsekvens av ökade skogsskador orsakade av klimatförändringarna (se avsnitt 5). Brännved (husbehovsved) omfattas i huvudsak av björk och övrigt löv vid sena röjningar och gallringar och utgör i storleksordningen ca 7 procent av den avverkade rundveden.

Användningen av biomassa från den svenska skogen inkluderandes trä, träprodukter och bioenergi för år 2015 visas i Figur 6 (uttryckt i energitermer). Den dominerande delen av den avverkade skogsbiomassan som går till svensk industri utgörs av massaved och sågtimmer (ungefär 88 procent år 2015, IRENA, 2019). Under perioden 2016–2020 användes 39,9 miljoner

m³fub/år³ (inhemsk råvara) som ett genomsnitt under femårsperioden inom massaindustrins råvaruförbrukning, och 36,8 miljoner m³fub/år användes av sågverken (Biometria, 2021). Träprodukter som tjänat ut kan återvinnas genom tillverkning av nya produkter eller användas för energiändamål. Då en stor andel av de produkter som levereras från svensk skogsindustri exporteras öppnas dessa möjligheter främst utanför landets gränser. Under 2020 exporterades drygt 75 procent av de sågade trävarorna som producerades, vilket är något mer än nivån på 70 procent där exporten normalt brukar ligga (Skogsindustrierna, 2021). Ökningen förklaras av en minskad inhemsk efterfrågan (marknadsosäkerhet) i inledningen av coronapandemin.



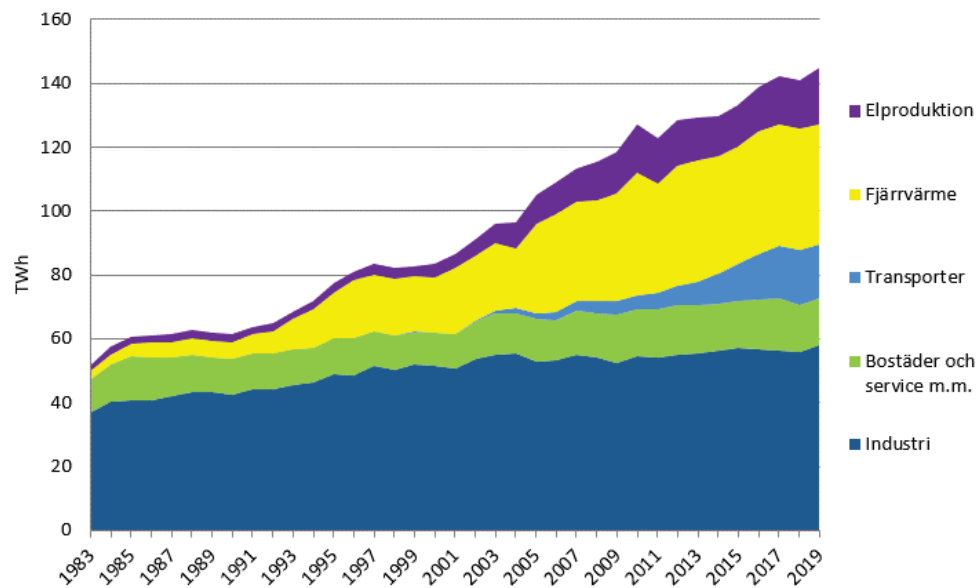
Figur 6. Biomassa och energiflöden från den svenska skogen (baserat på data från 201. Figuren är framtagen av Svebio. Källa: Svebio dataanalys från SCB, Energimyndigheten, Skogsindustrierna, Riksskogstaxeringen (SLU), Pelletsförbundet m.fl. (2018)

2.2.1 Biobränsleanvändning

År 2018 uppgick den totala biobränsleanvändningen i Sverige till cirka 145 TWh, vilket motsvarade 39 procent av den totala energianvändningen (Energimyndigheten, 2021), se Figur 7. Biobränslen omfattar utöver olika typer av träbränslen, även flytande biodrivmedel, biogas och hushållsavfall med biologiskt ursprung (biogent). Den totala biobränsleanvändningen per sektor redovisas i Figur 7. De allra största användarna av biobränsle är skogsindustrin (massa- och pappersbruk och sågverk), fjärr- och kraftvärmeverk samt småhussektorn (Energimyndigheten, 2021). Ungefär 100 TWh av dagens bioenergianvändning kommer från skogen (Lundmark, 2020). Biobränsleanvändningen har ökat över tid vilket beror bland annat på att biobränslen är befriade från såväl energi- som koldioxidskatt. Andra bidragande orsaker är tidigare stigande priser på

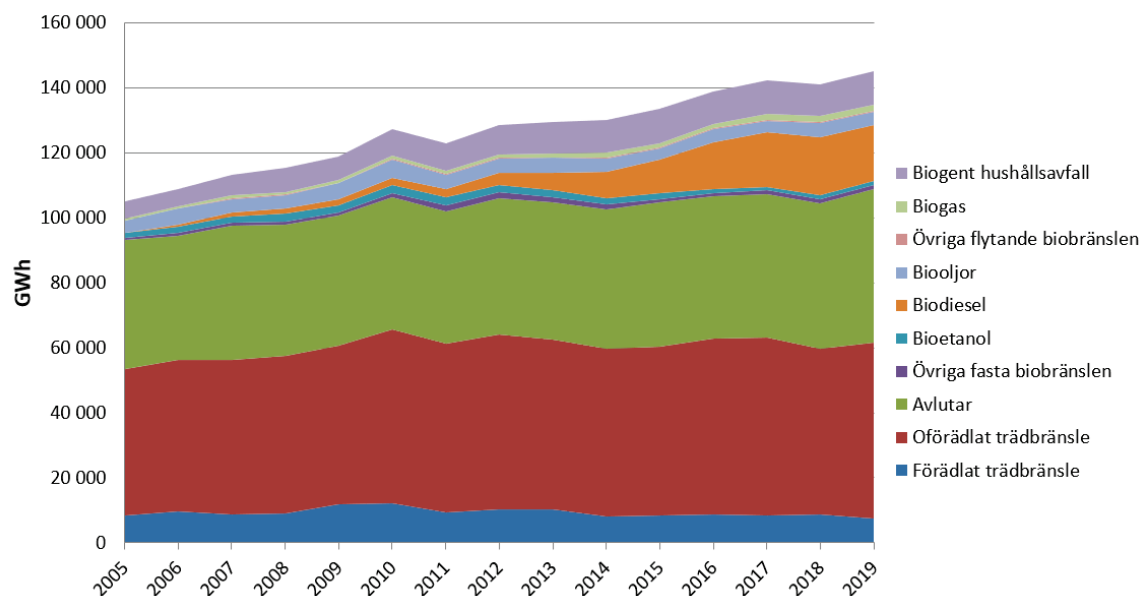
³ Fub står för "fast under bark", dvs måttet representerar skogskubikmeter utan barken.

fossila bränslen samt elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter (Energimyndigheten, 2020).



Figur 7. Totala användningen av biobränsle (TWh) per sektor, 1983–2019. Källa: Energimyndigheten (2021).

Oförädlad trädbränsle och avlutar (en biprodukt inom massa- och pappersindustrin som energiåtervinns) utgör de dominerande biobränsletyperna i Sverige, se Figur 8. Därefter följer biodiesel och biogent hushållsavfall.

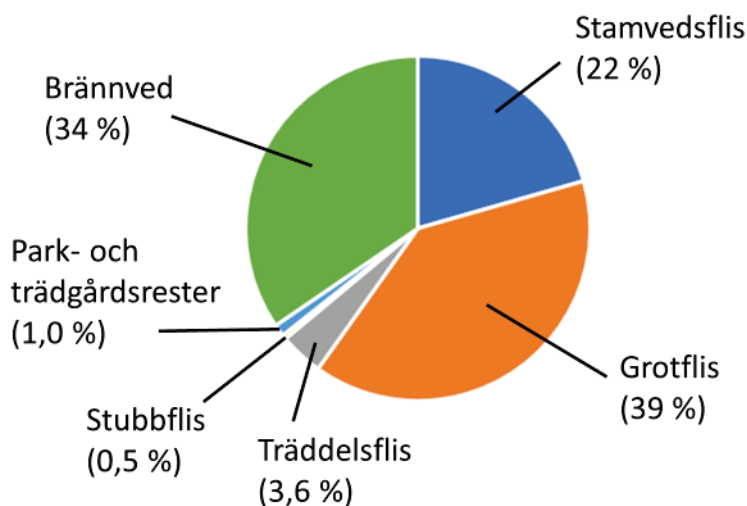


Figur 8. Användning av biobränslen (GWh) per bränslekategori, 2005–2019. Avlutar är en biprodukt vid tillverkning av pappersmassa. Källa: Energimyndigheten (2021)

Under 2019 fördelade sig oförädlade trädbränslen (med svenskt ursprung) enligt Figur 9. Produktionen av oförädlade skogsbränslen, exklusive återvunna trädbränslen, har minskat med 7

procent under 2013–2019, från 54,9 TWh (2013) till 51,3 TWh (2019), vilket beror på minskad efterfrågan se Tabell 3 (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021c).

Användningen av återvunnet trädbränsle för energiändamål under 2019 var totalt 5,7 TWh (har ökat med knappt 20 procent sen 2016) medan användningen av energiskog var betydligt blygsammare och motsvarade 0,04 TWh 2019 (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021a). Andelen importerat skogsbränsle utgjorde omkring 1,0 TWh under 2019 (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021a).



Figur 9. Fördelning av inhemska oförädlade trädbränslen under 2019. I figuren redovisas de kategorinamn som anges i Energimyndighetens statistikdatabas, men i den här rapporten använder vi oss av termen energived (skadad rundved) istället för stamvedsflis. Källa: Energimyndighetens statistikdatabas (2021b).

Tabell 3. Produktion av sönderdelade oförädlade skogsbränslen (TWh), 2013–2019, exklusive återvunna trädbränslen, baserat på data från Energimyndighetens statistikdatabas (2021c).

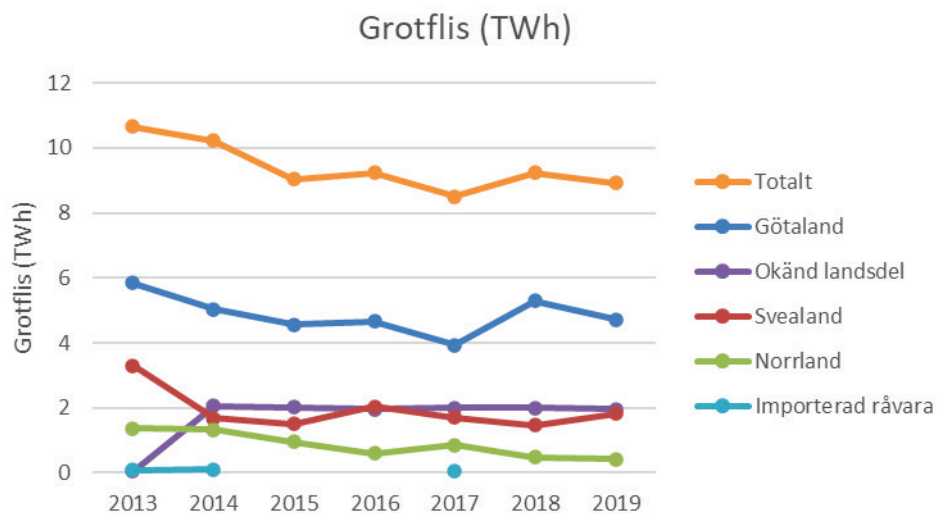
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Stamvedsflis ¹	6,9	6,1	5,0	5,9	6,3	4,9	5,1
Grotflis	10,6	10,2	9,0	9,2	8,5	9,2	8,9
Träddelsflis	2,4	1,6	1,1	1,0	0,9	1,0	0,8
Stubbflis	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Brännved ²	9,1	9,4	9,3	9,6	9,6	8,1	7,7
Park- och trädgårdsrester	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2
Bark och reducerflis	12,7	12,8	12,8	12,7	13,0	13,3	13,7
Sågspån och hyvelspån	10,1	10,0	9,2	9,8	10,3	10,1	11,4
Biprodukter från industri	2,5	2,9	3,5	2,9	3,1	2,9	3,5
Totalt	54,6	53,2	50,3	51,4	52,0	49,8	51,3

1) Vi benämner stamvedsflis för energived (skadad rundved)

2) Brännved (hushållsved) handlas till stor del på en "informell" marknad så här är statistiken behäftad med stora osäkerheter.

Grotuttaget varierar mellan olika år, bland annat beroende på varierande behov i fjärrvärme-sektorn, konkurrens från andra bränslen (exempelvis återvunna trädbränslen) och priset. Grot anses för närvarande utgöra "balansbränsle" för efterfrågan på marknaden. Energimängden från

grot minskade med cirka 15% mellan 2013 och 2019, se Figur 10. Skälet till nedgången är att det inte finns efterfrågan i förhållande till tillgången. För grot är alltså efterfrågan lägre än tillgången, vilket går stick i stäv med resonemanget om att det inte finns tillräckligt med biomassa. Minskningen är störst i Norrland och Svealand, samtidigt som andelen med okänt ursprung har ökat. Under 2018 ökade uttaget i Götaland, vilket kan ha ett samband med ökade priser på grot, se Figur 17.



Figur 10. Användningen av grotflis för energiändamål i olika delar av landet under 2013–2019. Baserat på data från Energimyndighetens statistikdatabas (2021c). Den minskade användningen beror på att efterfrågan varit lägre än tillgången.

3 Den framtida svenska skogsresursen

Framtida uppskattningar av tillgången på svensk skogsbaserad biomassa för år 2030, 2045 och 2050, fördelade på sågtimmer, massaved och skogsbränslen presenteras för fyra olika illustrativa scenarier (i energitermer, TWh). Till 2045 förväntas det möjliga utbudet öka för dessa tre kategorier och främst för skogsbränslen. För 2030 och 2045 är skillnaden i det möjliga framtida utbudet av svensk skogsråvara mellan de olika scenarierna relativt måttlig, men kan komma att påverkas av beslut om ytterligare reservatsavsättningar eller begränsningar av avverkningsnivåer.

Det finns stora regionala skillnader i hur stor del av skogens årliga tillväxt som skördas. Lundmark (2020) menar att en uthållig utbudsökning av skogsbiomassa på kort sikt framförallt kan ske i Norrland och möjligtvis i Svealand. Om man tittar på avverkning och tillväxt över tiden ser man, enligt Lundmark (2020), att potentialen att öka uttaget i princip är obefintlig i Götaland, nästan obefintlig i Svealand, men större i norra Norrland. Att det är svårt att öka avverkningspotentialen i södra Sverige beror på att hela den nuvarande nettotillväxten avverkas i Götaland och nästan hela i Svealand (ibid.). I Norrland finns det dock fortfarande potential att öka avverkningen, eftersom endast hälften av tillväxten på virkesproduktionsmarken avverkas idag (ibid.).

Skogliga konsekvensanalyser (SKA) som undersöker hur den framtida svenska skogsresursen kan komma att utvecklas på kort till lång sikt genomförs regelbundet av Skogsstyrelsen. Dessa omfattar framtida skogliga scenarier på 100 års sikt, där t.ex. klimatförändringar (i enlighet med klimatscenerierna RCP4.5 och RCP8.5⁴), och olika typer av skogsskötsel beaktas. I den senaste skogliga konsekvensanalysen (SKA15) uppskattades en tillväxt på 135 miljoner m³sk per år 2050 med innevarande skogsbruk (Claesson m.fl. 2015). Kopplat till detta uppskattades den högsta möjliga uthålliga avverkningsnivån år 2050 till 102 miljoner m³/år (röjningsvirke ingår ej) (Claesson m.fl. 2015; Lundmark, 2020). Tabell 4 innehåller en kort beskrivning av SKA15s scenarier och markering av de scenarier som används som underlag för denna studie (se vidare nästa avsnitt).

För närvarande pågår arbetet med nya skogliga konsekvensanalyser (SKA22) som ska redovisas till regeringen 2022 och alltså inte kan bidra med underlag här. Dessa konsekvensanalyser kommer att omfattas av följande scenarier (Skogsstyrelsen, 2021c):

- Skogsbruk med en kombination av mer tillväxt och mångfald – I detta scenario simuleras i huvudsak en ökad kvalitet i skogsbruket både avseende mångfald och tillväxt.
- Skogsbruk med fokus på ökad mångfald – I detta scenario fokuseras på att öka variationen och mångfalden i skogen. Jämfört med dagens skogsbruk höjs ambitionerna för att gynna biologisk mångfald, sociala värden, rennäring m.m.
- Skogsbruk med fokus på ökad tillväxt – Detta scenario syftar mot att öka tillväxten och då mer intensivt än i övriga scenarier.
- Skogsbruk med fokus på klimatanpassning – I detta scenario arbetas det med klimatanpassning i syfte att reducera risken för klimatrelaterade skogsskador.

Vidare gör Skogsstyrelsen i Normark och Fries (2019) bedömningen att tillväxten i Sveriges skogar fram till 2050 kan öka med 20 procent jämfört med idag (motsvarande cirka 20 miljoner

⁴ Klimatscenerier har utvecklats, så kallade RCP:s (Representative Concentration Pathways) (van Vuuren m.fl., 2011) RCP4.5 motsvarar en temperaturökning på 2°C och RCP8.5, som är det mest pessimistiska scenariot, motsvarar en temperaturökning på 4°C år 2100.

kubikmeter), givet att de 88 förslag till åtgärder som presenteras i rapporten genomförs och andra förutsättningar inte ändras väsentligt, se beskrivning och diskussion av åtgärderna i avsnitt 5.

Tabell 4. Sammanfattning av de sex scenarierna som beaktas i SKA15 (Claesson m.fl., 2015), samt vilka av dessa tre scenarier som vi har antagit som låg-, medel- respektive högscenario i den här studien

SKA15-scenario	Används i denna studies uppskattning	Beskrivning av SKA15-scenario
Dagens skogsbruk (RCP4,5)	Hög	Dagens skötsel Den globala medeltemperaturen ökar med 2°C enligt RCP4,5. Avverkningen motsvarar nettotillväxten på virkesproduktionsmarken. Klimatförändringarna beaktar endast ökad träd tillväxt (med stora osäkerheter) och stormfälld volym (som varierar per scenario men framförallt på längre sikt) ¹ , ej skador pga brand, ändrad tjäle, vilt, insekter, torka med mera).
Dagens skogsbruk, avverkning 90 %	Medel	Samma antaganden som i "Dagens skogsbruk", men med en avverkning som är 90 % av nettotillväxten på virkesproduktionsmark.
Dagens skogsbruk, avverkning 110 %	-	Samma antaganden som i "Dagens skogsbruk", men med en avverkning som är 110 % av nettotillväxten på virkesproduktionsmark. Den potentiella årliga avverkningsnivån är lägre jämfört med "dagens skogsbruk" eftersom det högre uttaget i början av tidsperioden påverkar möjligt uttag längre fram.
Dubbla naturvårdsavsättningar	Låg	Dubbla naturvårdsavsättningar (Arealen reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor vid avverkning fördubblas vilket medför att ytterligare 3,7 miljoner ha produktiv skogsmark har undantas från skogsbruk).
Utan klimatförändring	-	Ingen effekt på trädens tillväxt som en konsekvens av klimatförändringarna.
Dagens skogsbruk (RCP 8,5)	-	Förändring av klimatet motsvarande RCP8,5.

¹) För scenariot Dagens skogsbruk relativt liten påverkan, för scenariot 90 % avverkning blir det en ökning till 2090-2100 medan det minskar för Dubbla naturvårdsavsättningar och 110% avverknings-scenarierna.

3.1 DEN FRAMTIDA SVENSKA BIOMASSAPOTENTIALEN

Flera studier har uppskattat nutida och framtida svenska biomassapotentiale (Börjesson, 2016; Börjesson, 2021; Claesson m.fl., 2015; De Jong m.fl., 2017; Fridh & Christiansen, 2015; Lundmark, 2015; Lundmark, 2020; Persson m.fl., 2017; Sandin m.fl., 2019). Genom till exempel Forest Energy Atlas illustreras det potentiella uttaget av olika skogsbaserade sortiment för olika regioner i Sverige för perioden 2035–2039 (se <https://forest-energy-atlas.luke.fi/>, Athanassiadis, 2020). Uppskattningarna av realistiska uttagsmängder skiljer sig åt i de olika studierna, trots att man i regel utgått från samma grunduppskattningar tagna från SKA15. Detta beror framförallt på om och i så fall hur man vägt in olika ekonomiska, tekniska, sociala och miljömässiga faktorer.

I den här studien redovisar vi framtida uppskattningar av biomassa (TWh) för år 2030, 2040, 2045 och 2050, fördelade på sågtimmer, massaved och skogsbränslen. Uppskattningarna av de framtida potentialerna grundar sig på fyra olika scenarier, och baseras framförallt på SKA15 (Claesson m.fl., 2015) och Börjesson (2021), se Tabell 5. Genom att utnyttja SKA fås väl underbyggda scenarier för hur olika uttagsnivåer och andra faktorer påverkar det potentiella uttaget av skogsråvara.

Tabell 5. De fyra scenarierna som omfattas av den här studien.

Scenario	Biomassakategori	Kommentar
Låg	Sågtimmer & massaved Skogsbränslen	Motsvarar SKA15-scenariot "Dubbla naturvårdsarealer", se Tabell 4. Börjesson (2021) – lägre intervall.
Medel	Sågtimmer & massaved Skogsbränslen	Motsvarar SKA15-scenariot "Dagens skogsbruk, avverkning 90 %", se Tabell 4. Börjesson (2021) – genomsnitt av låg och hög.
Hög	Sågtimmer & massaved Skogsbränslen	Motsvarar SKA15-scenariot "Dagens skogsbruk, avverkning 100 %", se Tabell 4. Börjesson (2021) – högre intervall.
Hög88	Sågtimmer & massaved Skogsbränslen	Motsvarar medel-scenariot ovan, men med en succesiv ytterligare produktionsökning upp till 20 procent år 2050 i enlighet med Normark & Fries (2019). ⁵ Börjesson (2021) – högre intervall.

3.1.1 Exempel på osäkerheter

En anledning till att presentera fyra olika scenarier är att det finns en stor inbyggd osäkerhet i framtida scenarier. Det finns förstås antaganden kopplade både till Börjesson (2021) och till SKA15-scenarierna (Claesson m.fl., 2015) som får stor påverkan på resultatet. Exempelvis uppskattade SKA15 en mer än 20-procentig ökad skogstillväxt i hela landet, framförallt på grund av en längre vegetationsperiod, men utöver ökad temperatur behövs även solljus för att tillväxt ska ske vilket minskar effekten under senhösten. Enligt Eriksson m.fl. (2015) finns det osäkerheter i om Heureka-modellen (som används i SKA15) fångar upp tillväxtminskningar orsakat av förväntat vattenunderskott och om torrår representerats tillräckligt väl vilket skulle kunna minska tillväxten. Utöver dessa osäkerheter finns andra klimateffekter som kan få stor påverkan på skogen och den framtida biomassapotentialen framöver, exempelvis skogsbränder, barkborre-angrepp och stormskador (Hansson m.fl., 2021). Se kapitel 5 för mer information om faktorer som påverkar framtida tillgång, utbud och kostnader, och därmed utgör osäkerheter, både på lång och kort sikt.

3.1.2 Scenarier för sågtimmer & massaved

Låg-, medel- och hög-scenariot för sågtimmer och massaved baseras, som nämnts ovan, i huvudsak på tre skogsbruksscenarier från SKA15 (Claesson m.fl., 2015), se Tabell 4.

- **Låg-scenariot** motsvarar det skogsbruksscenario som SKA15 benämner "Dubbla naturvårdsavsättningar" och där antas att naturvårdsarealerna (reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor vid avverkning) fördubblas, vilket gör att den produktiva skogsmarken minskar.
- **Medel-scenariot** motsvarar SKA15:s skogsbruksscenario "Dagens skogsbruk, avverkning 90 procent". Under perioden 2013–2017 bruttoavverkades ungefär 94 procent av den genomsnittliga årliga nettotillväxten på virkesproduktionsmarken (Riksskogstaxeringen, 2021). Vi gör bedömningen att SKA-scenariot med 90 procent avverkning är det som bäst representerar nuvarande förhållanden (BAU, business as usual). Valet av medelscenariot med 90% avverkning av nettotillväxten som bas motiveras av att denna nivå bäst speglar

⁵ Eftersom det är långsiktiga tillväxthöjande åtgärder så antar vi att ökningen sker successivt (fast något snabbare längre fram) enligt: 2030 (+5 %), 2040 (+10 %), 2045 (+15 %), 2050 (+20 %).

aktuellt svenskt skogsbruk som samtidigt medför ökad kolinbindning i stående skog⁶. Ytterligare ett argument för det antagandet är att referensnivån för avverkningsintensiteten i Sverige inom ramen för klimatrappporteringen inom LULUCF⁷ kommer att hamna kring 90 procent eller något däröver.

- **Hög-scenariot** motsvarar det skogsbruksscenario som SKA15 benämner "Dagens skogsbruk". I detta scenario antas avverkningen motsvara hela nettotillväxten.
- **Hög88-scenariot**, det vill säga det högsta scenariot i denna studie, baseras på medel-scenariot, med en ytterligare successivt ökande tillväxt som når 20 procent fram till 2050, i enlighet med Normark & Fries (2019). Eftersom flera av de tillväxthöjande åtgärderna (se avsnitt 5) får effekt först på lång sikt antar vi att ökningen sker successivt (fast något snabbare längre fram) enligt: 2030 (+5 %), 2040 (+10 %), 2045 (+15 %), 2050 (+20 %).

3.1.3 Scenarier för skogsbränslen

När det gäller möjligt ökad tillförselpotential av skogsbränslen från skogsbruket (grot, klen rundved, skadat virke m.m.) så antar vi (med undantag av biprodukter från industrin) att Hög88 är på samma nivå som Hög-scenariot, eftersom det möjliga utbudet av dessa kategorier påverkas av många andra faktorer (ekologiska, ekonomi, skogsskador m.m.), som inte är lika direkt beroende av tillväxthöjande åtgärder som för t.ex. biprodukter från den rundved som används inom skogsindustrin. Biprodukter från industrin antas däremot öka med 20 procent fram till 2050 i enlighet med de 88 tillväxthöjande åtgärderna. Skogsbränslescenarierna är i huvudsak baserade på Börjesson (2021) som uppskattade ökade biobränslepotentialer för 2030 och 2050 (jämfört med vad som tas ut idag), se Tabell 6. Exempelvis uppskattades den ökade tillförselpotentialen av grot vara 16–18 TWh till 2030, och 18–21 TWh till 2050. Vi har adderat dessa potentialer till dagens situation (statistik för 2015–2019), för att representera den framtida potentialen. För att redovisa potentialerna för 2040 och 2045 har vi interpolerat värdena mellan 2030 och 2050. Börjesson (2021) redovisar ett intervall för varje skogsbränslekategori. De olika scenarierna för skogsbränslekategorierna (låg, medel, hög) har vi därför baserat på intervallet för varje skogsbränslekategori. Vi har antagit att låg-scenariot omfattar den lägre siffran i intervallet, medel-scenariot omfattar medeltalet av intervallet och högscenariot omfattar det högre värdet för intervallet. För det högsta scenariot (Hög88) har vi antagit att skogsbränslemängderna motsvarar samma nivå som Hög-scenariot, med undantag för biprodukter inom industrin som ökar i takt med det ökande utbudet av rundved som når 20 procent år 2050.

Tabell 6. Uppskattad ökad tillförselpotential (TWh) till 2030 och 2050 för olika skogsbränslekategorier i Börjesson (2021).

	2030	2050
Grot	16–18	18–21
Skadad rundved⁸	3–4	3–4
Klen rundved⁹	2–3	3–4
Biprodukter industri	6–12	10–16
Slytäkt	5–8	8–10

⁶ Detta i sin tur behöver inte leda till ökad avgång (självvallring, skador mm) utan i stället att volymen biomassa per hektar ökar samtidigt som rotationsperioderna blir kortare. Med ett aktivt skogsbruk kan volymen skog per hektar således öka utan ökad avgång.

⁷ LULUCF – Land use, land use change and forestry – Förordning om utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk. https://ec.europa.eu/clima/policies/forests/lulucf_en

⁸ Energived

⁹ Träddelsflis

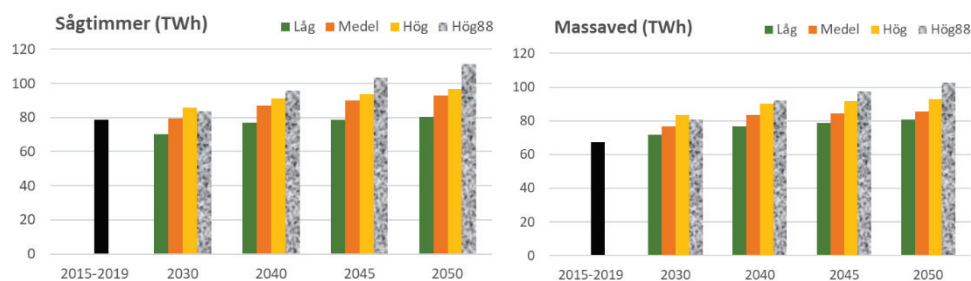
För tre av de andra underkategorierna för skogsbränslen (flis från park- och trädgårdsrester, brännved (hushållsved) och återvunnet trädbränsle), se abell 7, antas samma värde för samtliga scenarier. Dagens nivåer antas kvarstå för dessa kategorier, utom för återvunnet trädbränsle, som förväntas öka framöver i enlighet med Fråne m.fl. (2017). Storleken (TWh) på dessa kategorier är dock i de flesta fall förhållandevis liten.

3.1.4 Potentialer för olika sortiment av framtida svensk skogsbaserad biomassa

Tabell 7 redovisar denna rapportens uppskattning av potentialen (TWh) för olika sortiment från skogen (2030–2050) baserat på de fyra scenarierna. De sortiment som ingår är: sågtimmer, massaved och sonderdelade oförädlade skogsbränslen där de senare är uppdelade i grothflis, stubbflis, energived, trädflis, slyflis, flis från park- och trädgårdsrester, brännved och biprodukter från industrin. Avlutar redovisas inte. Vissa av kategorierna i Tabell 7, exempelvis energived, brännved och vissa biprodukter från industrin, ingår även i kategorierna sågtimmer och massaved. Notera även att, när det gäller biprodukter från industrin, så redovisar vi enbart de biprodukter som används för energiändamål (även bränsleråvara som används internt har inkluderats). Biprodukter från industrin som används för andra ändamål, exempelvis cellulosaflis till massabruken, spån till spånskivtillverkning eller biprodukter till trämekanisk industri (såsom stolpar och tändstickor) redovisas däremot i rapporten för delprojekt 5 – Framtidsbild skogsindustrin (Gunnarsson & Rydberg, 2021).

Sågtimmerutbudet förväntas öka med 14 procent fram till 2045 och massaved med 17 procent, enligt Medelscenariot, se Figur 11. Motsvarande ökning fram till 2050 är 18 procent för sågtimmer och 20 procent för massaved. Till 2030 minskar sågtimmerutbudet i Låg-scenariot och medelscenariot ligger ungefär på dagens nivå, men övriga scenarier ökar till 2030. Massavedutbudet ökar däremot för samtliga scenarier till 2030.

Skillnaden i utfall beror troligtvis på att utgångsläget (statistiken för 2015-2019) visar ett betydligt lägre uttag av massaved jämfört med sågtimmer, än vad man normalt räknar med i SKA15. Detta beror i sin tur på en ökad efterfrågan (och en kraftig prisökning) på timmer under de senaste åren (se kapitel 4). Det faktiska utbudet av sågtimmer i förhållande till massaved under de senaste åren har alltså varit betydligt större än "ett normalår". Exempelvis utgjorde sågtimmer 52 procent av användningen i skogsindustrin under år 2013, och massaveden 48 procent (Fridh & Christiansen, 2015). Detta kan jämföras med statistiken för 2015-2019, där förhållandet snarare var 54 procent för sågtimmer och 46 procent för massaved. I SKA-scenarierna är förhållandena omkring 51 procent för sågtimmer och 49 procent för massaved (se Tabell 7).



Figur 11. Statistik (2015–2019), samt uppskattad potential för sågtimmer (TWh) och massaved (TWh) för 2030, 2040, 2045 och 2050 för de fyra scenarierna.

Potentialerna för skogsbränslen förväntas öka i ännu högre utsträckning, med en fördubbling redan 2040 jämfört med idag, se Figur 12. Ökningen fram till 2045 är 108 procent och 2050 är ökningen 118 procent. Denna möjliga ökning beror på att uttagsnivån idag är att betrakta som

relativt låg och att det därmed finns en betydande potential att öka uttaget samt att det finns en potential för ökad effektivisering inom skogsindustrin. Den största ökningspotentialen för skogsbränslen är grot (ca 3 ggr mer 2045), följt av biprodukter från industrin (ökning med nästan 50 procent) och en ökad användning av sly, en bränslekategori som praktiskt taget inte används alls idag. En förutsättning för att denna potential ska kunna utnyttjas är dock att det finns en marknad och efterfrågan på produkterna.

Tabell 7. Uppskattning av potential (TWh) för olika sortiment från skogen i Sverige 2030, 2040, 2045 och 2050 för fyra olika scenarier (Låg, Medel, Hög och Hög88). Det statistiska underlaget (användning 2019 och 2015–2019) baseras på Energimyndighetens statistikdatabas (avlutar redovisas inte i tabellen). Statistiken för sågtimmer och massaved baseras på Biometria (2021) och representerar år 2020, samt perioden 2016–2020. Notera att sågtimmer och massaved omfattar bruttoavverkningen (utan bark). Ungefär hälften av sågtimret och massaveden ingår således även i vissa av kategorierna ”sönderdelade oförädlade skogsbränslen”. Sönderdelade oförädlade skogsbränslen inkluderar total mängd som anses tillgänglig för energiändamål (även inom skogsindustrin) men exklusive lutar)

Sortiment	2019 statistik	15–19 statistik		2030	2040	2045	2050	Underlag/Källa	Kommentar
Sågtimmer ¹⁰	79,8 ¹¹	78,7 ²	Hög88 ¹²	84	96	103	111	-SKA15 (Tabell 3.2).	Årlig bruttoavverkning av timmer resp. massaved (all avverkning exkl röjning) på samtliga markanvändningsklasser (inkluderar virkesproduktionsmark, reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor) har räknats om till energiinnehåll (från m ³ fub) med Skogsforsks omräkningstal i WeCalc. Bark ingår ej, däremot ingår energived, brännved samt vissa biprodukter från industrin, som även redovisas nedan. Hög88-scenariot: 2030: +5 % (bruttoavverkning), 2040: +10 %, 2045: +15 %, 2050: +20 % (från SKA-90)
			Hög	86	91	94	97	-Omräkningstal från WeCalc.	
			Medel	80	87	90	93	Hög88-scenariot	
			Låg	70	77	79	80	motsvarar	
Massaved ¹	72,3 ²	67,3 ²	Hög88	81	92	97	102	medelscenariot (SKA-90), men ökat utbud baserat på (Normark & Fries, 2019).	
			Hög	83	90	91	93		
			Medel	77	84	85	85		
			Låg	72	77	79	81		
Sönderdelade oförädlade skogsbränslen , enligt nedanstående åtta trädbränslekategorier.	51,3 ¹³	51,0	Hög88	95	102	106	111		Se även figur 12.
			Hög	96	101	103	106		
			Medel	90	95	97	100		
			Låg	83	88	91	93		
- Grot-flis	8,9	9,0	Hög/Hög88	27	28,5	29,2	30	Börjesson (2021)	Intervallet baseras på Börjesson (2021), som bedömde en ökad potentiell tillförsel på 16–18 TWh (2030) och 18–21 TWh fram till 2050 (utvunnen mängd möjlig att använda). Interpolerade värden från dagens statistik mellan 2020, 2030 och 2050.
			Medel	26	27,2	27,9	28,5		
			Låg	25	26	26,5	27		
- Stubbflis	0,1	0,1		0	0	0	0	Börjesson (2021)	Stubbar kan utgöra en möjlig råvarukälla i framtiden men i denna studie antar vi att stubbflis inte användas framöver i enlighet med Börjesson (2021), se även motivering i den löpande texten i kap 3.1.4.
-Energived (skadad rundved) ¹⁴	5,1	5,4	Hög/Hög88	9,4	9,4	9,4	9,4	Börjesson (2021)	Börjesson m.fl. (2021) uppskattade en ökning på 3–4 TWh till 2030 och 2050 (som adderades till dagens nivå). Även om skadorna sannolikt ökar framöver så bedöms det inte bli någon ökning mellan 2030 och 2050 eftersom industrin samtidigt utvecklas och blir bättre på att hantera skadad rundved.
			Medel	8,9	8,9	8,9	8,9		
			Låg	8,4	8,4	8,4	8,4		
-Träddelsflis (klana träd, eftersatta röjningar m.m.)	0,8	1,0	Hög/Hög88	4	4,5	4,7	5	Börjesson (2021)	Börjesson (2021) bedömde en ökad potentiell tillförsel på 2–3 TWh fram till 2030 och 3–4 TWh till 2050. Interpolerade värden däremellan och från dagens nivåer.
			Medel	3,5	4	4,2	4,5		
			Låg	3	3,5	3,7	4		

¹⁰ Både sågtimmer och massaved omfattar hela stammen (utan bark), men en del av detta blir ”energived”, ”brännved” och ”biprodukter från industrin”, som redovisas längre ner i tabellen.

¹¹ Statistik för år 2020, samt perioden 2016–2020 (Biometria, 2021). Omräknat till energiinnehåll baserat på Skogsforsks verktyg WeCalc.

¹² Hög88-scenariot motsvarar medelscenariot (SKA-90), men ökat utbud baserat på Skogsstyrelsens rapport om 88 åtgärder för ökad tillväxt (+20 % fram till 2050). Vi har antagit följande ökning: 2030: +5 %, 2040: +10 %, 2045: +15 %, 2050: +20 %

¹³ Statistiken i Tabell 3 (Produktion av sönderdelade oförädlade skogsbränslen). Källa: Energimyndighetens statistikdatabas (2021c)

¹⁴ Skadad rundved (insekter, stormskador mm) som skogsindustrin inte kan ta emot. Ingår även i kategorierna *Sågtimmer* och *Massaved*.

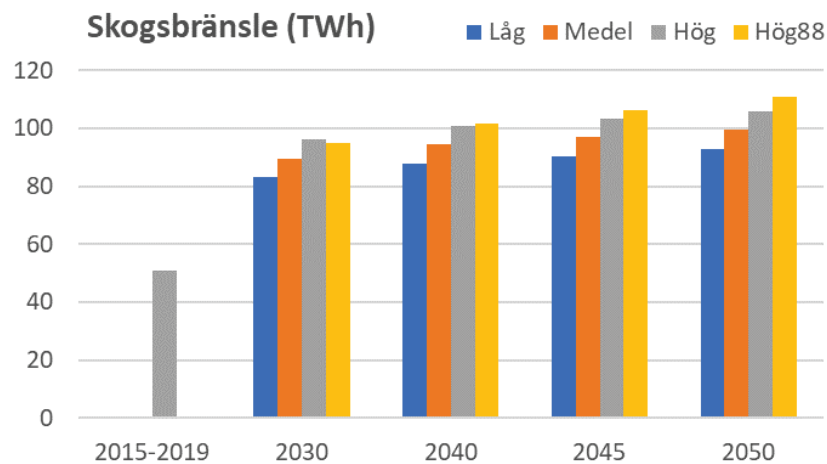
-Slyflis (sly från ledningsgator, vägkanter m.m.)	0 ¹⁵	0	Hög/Hög88 Medel Låg	8 6,5 5	9 7,8 6,5	9,5 8,4 7,3	10 9 8	Börjesson (2021)	Börjesson (2021) bedömde en ökad potentiell tillförsel på 5–8 TWh fram till 2030 och 8–10 TWh till 2050. Interpolerade värden däremellan och från dagens nivåer. Dagens nivå antas vara marginell.
-Flis från park- och trädgårdsrester ¹⁶	0,2	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3	Energimyndighetens statistikdatabas (2021b)	Statistik enligt dagens nivåer (2015–2019).
-Brännved (hushållsved)	7,7	8,9		8,9	8,9	8,9	8,9	Energimyndighetens statistikdatabas (2021c)	Statistik enligt dagens nivåer (2015–2019). Vi antar dagens nivå framöver, men en trolig utveckling är att det minskar något, dels pga mildare vintrar framöver, och dels eftersom vedeldning ersätts av värmepumpar.
-Biprodukter från industrin ¹⁷	28,5	26,4	Hög88	37,2	41,2	44,2	47,3	Börjesson (2021)	Börjesson (2021) bedömde en ökad potentiell tillförsel på 6–12 TWh (bark, spån, lignin m.m.) fram till 2030 och 10–16 TWh till 2050.
– Bark och reducerflis	13,7	13,1	Hög	38,4	40,4	41,4	42,4	Hög88-scenariot	Interpolerade värden däremellan och från dagens nivåer (medelvärde 2015–2019).
– Sågspån och hyvelspån	11,4	10,2	Medel	35,4	37,4	38,4	39,4	motsvarar medelscenariot, men	Hög88-scenariot: 2030: +5 %, 2040: +10 %, 2045: +15 %, 2050: +20 % (jämfört med medelscenariot).
– Övriga biprodukter (torrflis)	3,5	3,2	Låg	32,4	34,4	35,4	36,4	ökat utbud baserat på (Normark & Fries, 2019).	
Återvunnet trädbränsle/returträ (emballageträ, rivningsmaterial)	5,4 (5,7) ¹⁸	4,8		5,8	6,8	7,3	7,9	Fråne m.fl. (2017) Energimyndighetens statistikdatabas (2021a)	Prognoser på framtida inhemsk produktion av återvunnet trädbränsle (2025, 2030 och 2035) i ton räknas om till energi (energiinnehåll: 2,66 MWh/ton). Prognoser för 2040, 2045 och 2050 interpolerades. Antagande: Årlig tillgång på återvunnet trädbränsle 2015 (TWh) antas motsvara produktionen under 2014 för att beräkna energiinnehållet.

¹⁵ Ingen statistik finns tillgänglig. Antas dock vara försumbart (nära 0) idag.

¹⁶ Statistik från Energimyndighetens statistikdatabas (2021b)

¹⁷ Enbart de biprodukter som används för energjäändamål (även bränsleråvara som används internt har inkluderats). Ingår delvis även i kategorin *Sågtimmer* och *Massaved*, gäller ungefär hälften av sortimentet (inte barkflis). Lignin ingår inte i statistiken, men däremot i potentialerna.

¹⁸ Inklusive importerad råvara



Figur 12. Statistik (2015–2019) och uppskattad potential för skogsbränslen (TWh) för 2030, 2040, 2045 och 2050 för de fyra scenarierna.

Idag begränsas uttaget i många fall av tekniska eller ekonomiska aspekter. Exempelvis så kräver användandet av sly (klen rundved från buskar och dylikt) en speciell skördeteknik (buntskördaraggregat) som fortfarande är under utveckling men där testning pågår. Bedömningen är att om efterfrågan på biomassa ökar finns det ekonomiska incitament att utveckla denna skördeteknik i kommersiella system samt att tillvarata/flisa biomassan och sälja slysortimentet.

Lönsamheten i grotuttag är en viktig parameter. Det är möjligt att plocka ut mer grot ur skogen men idag är inte efterfrågan tillräckligt stor vilket inte gör det lönsamt att öka uttaget. Detta tyder på att det, med de marknadsförutsättningar som finns idag, saknas tillräckliga incitament och att det skulle behövas ytterligare ekonomiska incitament (exempelvis högre betalningsvilja t ex via politiska styrmedel) för att gynna uttaget av skogsbränslen för att nå den potential som finns i skogen.

Även energiveden (skadad rundved) och trädflis förväntas öka fram till 2050, som en konsekvens av ökade skogsskador främst orsakat av klimatförändringarna (se avsnitt 5) och bättre utnyttjande av klena träd vid röjningar mm, se Tabell 6. När det gäller uttaget av stubbar, som kan utgöra en möjlig råvarukälla i framtiden och till en viss nivå utan att ge negativa effekter på biodiversiteten, så har Börjesson (2021) bedömt att stubbuttag inte kommer att vara aktuellt inom den närmaste framtiden, bl a eftersom detta uttag inte är förenligt med FSC-certifierat skogsbruk men även pga signaler inom reviderade EU-regelverk som t.ex. Förnybartdirektivet (RED). Idag är drygt hälften av den totala produktiva skogsmarksarealen i Sverige FSC-certifierad (FSC, 2021). Vi har valt att göra samma bedömning även i denna studie och redovisar därför ingen stubbpotential i Tabell 7 eller i Figur 12. Dagens uttag av stubbar för energiändamål är dessutom relativt lågt, 0,1 TWh (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021c). Om stubbar ska tas med eller inte är en fråga som referensgruppen till detta projekt inte är överens om. Svebio förespråkar t.ex att inkludera stubbpotentialen¹⁹. I Börjeson (2016) uppskattades en ökad potentiell tillförsel från stubbar på 4–6 TWh idag och 5–7 TWh fram till 2050. Biomassan i stubbar efter avverkning motsvarar ungefär

¹⁹ Läs mer i Svebios underlag <https://www.svebio.se/press/blogginlagg/uteslut-inte-stubbarna-ur-energibalansen/>

samma mängd som den i grot. Men ett eventuellt framtida uttag kommer att bli lägre än vad fallet är för grot på grund av restriktioner kopplade till ekonomi, ekologi, social acceptans och rent skogsskötselmässiga skäl. Om certifieringskrav och synen på denna råvara från EU-håll ändras i framtiden bör denna potential ses över och eventuellt inkluderas i framtida uppskattningar. När det gäller återvunnet trädbränsle/ returträ så förväntas utbudet kunna öka med mer än 60 procent fram till 2050.

3.2 ENERGIGRÖDOR

Utöver tillväxten i skogen finns en potential i form av cellulosabaserade energigrödor som salix, poppel, hybridasp och energigräs som kan odlas på olika typer av jordbruksmark, både aktiv och nedlagd. Flis från salix används i Sverige för produktion av värme och el. Virke från poppel används också framförallt som biobränsle men även till massaved och asp och hybridasp har också fler användningsområden än energi.

Dagens odling av cellulosabaserade energigrödor i Sverige är liten. Ökad tillförsel-potential för trädbaserade energigrödor i Sverige (snabbväxande lövträd, exempelvis poppel och hybridask, på nedlagd åkermark) uppskattas i Börjesson (2021) till att ligga inom spannet 2–4 TWh per år 2050. Ett alternativ till att odla snabbväxande lövträd på nedlagd åkermark är att plantera traditionell barrskog, framför allt gran, vilket då har något lägre potential i energitermer (Börjesson, 2016) och speciellt i tidsperspektivet fram till 2045 på grund av granens långsammare tillväxt. Eftersom fokus i detta projekt är på skogen görs inget försök till att inom ramen för denna rapport uppdatera potentialuppskattningarna för cellulosabaserade energigrödor eller för användandet av jordbruksmark för odling av skog.

4 Priser/kostnader för olika sortiment

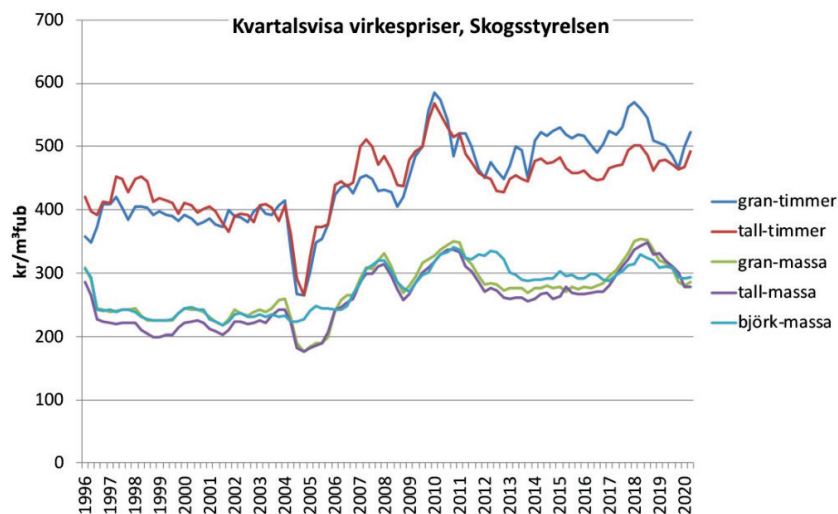
Priserna för olika sortiment av skogsbiomassa har varierat över tiden. De relativt begränsade antalet studier som uppskattar framtida kostnader i förhållande till utbud för olika sortiment från den svenska skogen har kartlagts. En av dem kan användas för att representera kostnads-utbudskurvan för scenarierna i denna studie. Kostnaderna bedöms vara ungefär lika för de olika scenarierna.

Utvecklingen av genomsnittliga leveranspriser för sågtimmer och massaved i Sverige sedan mitten av 90-talet i löpande nominella priser redovisas i Figur 13. Prisutvecklingen uttryckt per energiinnehåll redovisas i Figur 14 (fritt vid bilväg) och Figur 15 (fritt industri dvs inklusive transportkostnader uppdelat för gran och övriga barrträd). Att jämföra priserna i reala termer är också intressant men ingår inte här²⁰.

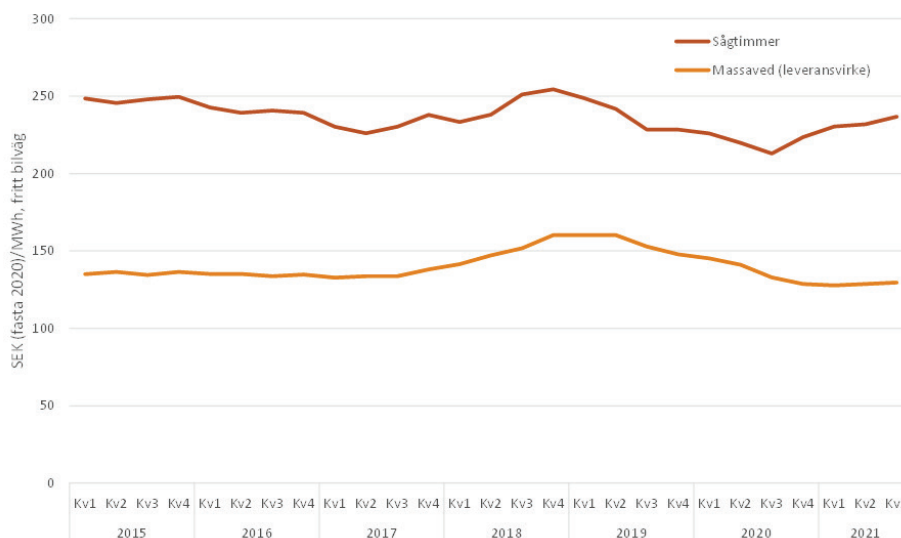
Priserna på sågtimmer har ökat från omkring 400 kr/m³fub till omkring 500 kr/m³fub, Figur 13. Virkespriserna varierar kraftigt över tid och beror bland annat på efterfrågan, men även på aspekter som hur avverkningen görs, avstånd till industrin, affärsrelationer med mera. Den globala efterfrågan på trävaror har ökade kraftigt under 2020, vilket ledde till kraftiga prishöjningar, men Danske Bank (2021) bedömer att prisnivån kommer att sjunka under slutet på 2021.

Eftersom sågverken gick för fullt under 2020 så producerades ett överskott på massaved, vilket ledde till avsättningsproblem. Samtidigt har energipriserna varit låga, vilket har minskat lönsamheten att använda ved av sämre kvalitet för energiändamål. Danske Bank (2020) bedömer att problemen med kraftiga överskott i vissa regioner är övergående och att massapriserna kommer att stiga under de kommande åren eftersom den globala efterfrågan på pappersmassa förväntas öka, samtidigt som det inte finns några större investeringsprojekt som ökar kapaciteten. Även på längre sikt bedömer Danske Bank (2020) att efterfrågan på massamarknaden ökar, bland annat baserat på en förväntad ökning av mjukpapperkonsumtion i Kina.

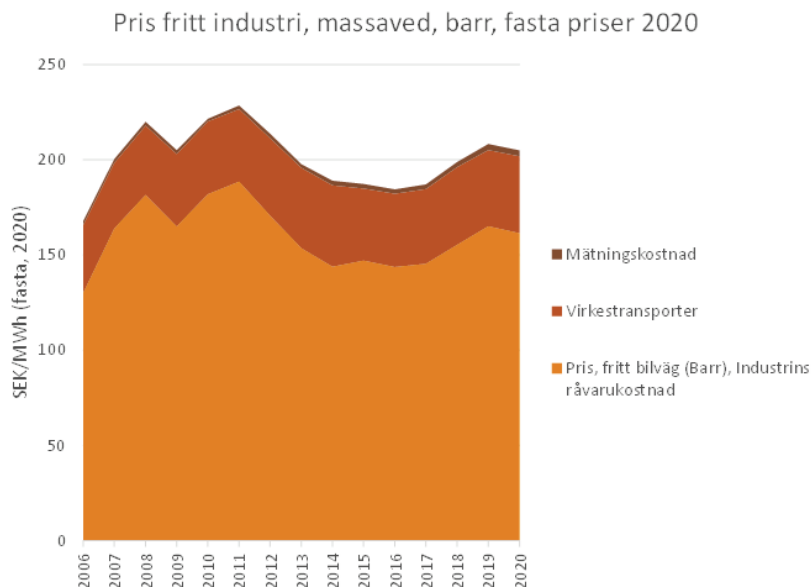
²⁰ För en redovisning av hur virkespriserna har förändrats i reala termer från 1950-2015 se <https://www.skogssällskapet.se/kunskapsbank/artiklar/2016-12-20-virkeskronikan-det-reala-virkespriset-har-halverats-sedan-1950-talet.html>



Figur 13. Kvartalsvisa volymvägda genomsnittspriser på leveransvirke av sågtimmer och massaved i Sverige (kr/m³fub) i nominella termer dvs utan hänsyn till inflation etc. Sammanställt från Skogsstyrelsens statistikdatabas (Skogsstyrelsen, 2021b). Figuren är hämtad från <https://www.skogskunskap.se/aga-skog/priser--kostnader/virkespriser/>

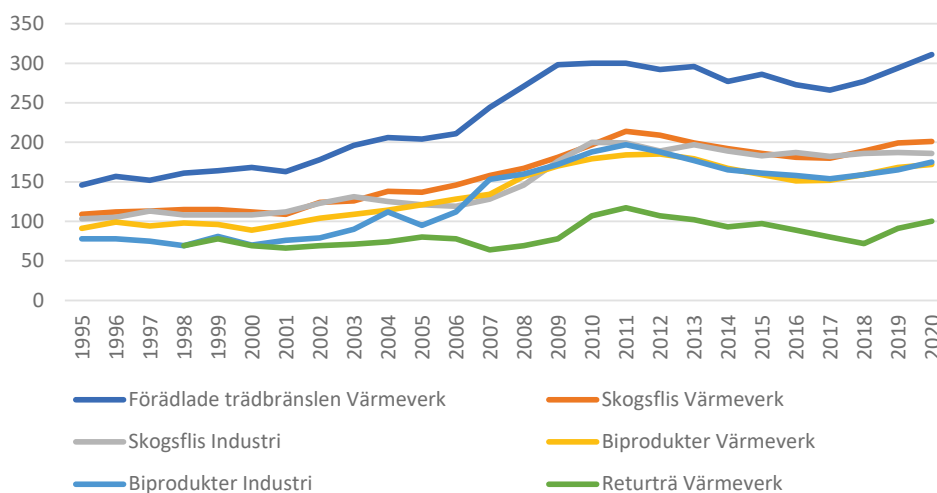


Figur 14. Kvartalsvisa genomsnittspriser vid bilväg (räknat i fasta priser i 2020 års penningvärde) på leveransvirke av sågtimmer och massaved i Sverige uttryckt per energiinnehåll (kr/MWh). Profus bearbetning av data från Skogsstyrelsens statistikdatabas (Skogsstyrelsen, 2021b).



Figur 15. Årliga genomsnittspriser (räknat i fasta priser i 2020 års penningvärde) för barrmassaved (massaved från gran och övriga barrträd) i Sverige 1996–2020 exklusive flisning uttryckt per energiinnehåll (kr/MWh). Profus bearbetning av data från Skogsforsks årliga undersökning "Skogsbrukets kostnader och intäkter" (Skogsforsk, 2020).

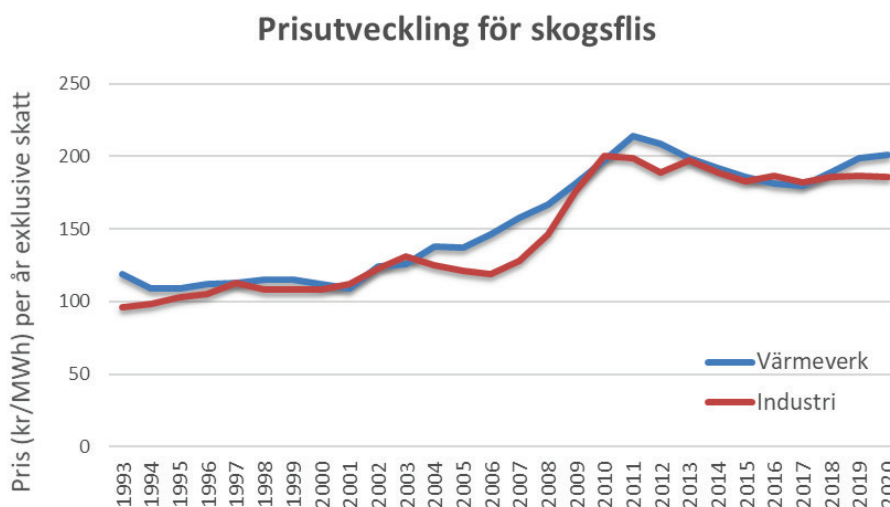
Prisutvecklingen för olika trädbränslen för värmeverk och industri i Sverige i löpande priser redovisas i Figur 16. Ökningen av priserna under perioden 2000–2010 berodde på en ökad efterfrågan på trädbränslen som en följd av den ökade användningen av biobränslen för el- och värmeproduktion i Sverige under denna period (Energimyndigheten, 2020).



Figur 16. Trädbränslepriser per år för perioden 1995–2020 i kr/MWh, löpande nominella priser (Energimyndighetens statistikdatabas, 2021d).

Marknadspriset på grot är en viktig faktor för storleken på uttaget av grot från svenska skogar. Prisutvecklingen specifikt för skogsflis redovisas i Figur 17. Grotpriserna var som högst 2011, och minskade därefter, framförallt på grund av

milda vintrar och konkurrens från sågspån och den europeiska pelletsmarknaden, men ökad import och användningen av avfall och returträ (RT-flis) för förbränning påverkade också både pris och behov av grot (Börjesson, 2016). Under de senaste tre åren har grotpriserna åter börjat öka. Det finns en risk att entreprenörer inom grot-området kan slås ut i en situation med låga priser vilket då påverkar den möjliga tillgången kommande år. Det händer därför att fjärrvärmeaktörer betalar extra för att säkerställa tillgång även kommande år. Priserna för returträ (RT-flis) har också varierat och var också som högst 2011 för att sedan sjunka till 2018 efterföljt av en ökning till 2019 (Figur 16).



Figur 17. Prisutveckling (genomsnittspris, löpande per år) för skogsflis (framförallt grot) för köp från industrier och värmeverk. Källa: Energimyndighetens statistikdatabas (2021d).

Kostnaderna för skogsråvara påverkas av en rad olika faktorer. Skogsskador i form av bränder, insektsangrepp och stormskador påverkar till exempel kostnaden för förnygringsavverkning. Exempelvis ökade kostnaderna för förnygringsavverkning i norra Sverige, i det storskaliga skogsbruket²¹, med 7 procent och i södra Sverige med 5 procent under 2019, vilket till stor del förklaras av försvårad avverkning pga storm och granbarkborreangrepp (Skogsstyrelsen, 2020b). År 2018 var det istället framförallt skogsbränder som bidrog till ökade avverkningskostnader. Under den senaste 10-årsperioden (2009–2019) har kostnaderna för förnygringsavverkning ökat med 23 procent och gallringskostnaderna med 16 procent (Skogsstyrelsen, 2020b).

4.1 FRAMTIDA KOSTNADER

Det finns begränsat med studier som uppskattar framtida kostnader för att tillgängliggöra olika sortiment från den svenska skogen eller tillhörande priser, särskilt på längre sikt. I detta avsnitt sammanfattas resultaten i dessa studier.

Sandin m.fl. (2019) gör en skattning av prisutvecklingen för vissa skogsbränslen till 2030 och 2040 men skriver att osäkerheten är stor. Priserna i Sandin m.fl. (2019)

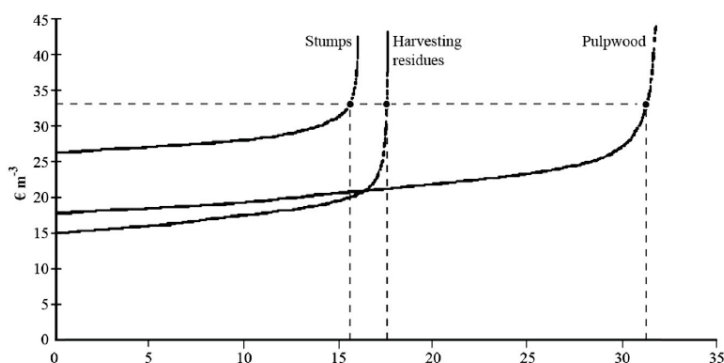
²¹ Ägande av >16 000 ha eller årlig avverkning av >50 000 m³ virke.

som anges för pellets presenteras i Tabell 8 och baseras på Duić m.fl. (2017) som innehåller projektioner på bränslepriser inom EU för 2030 och 2050, med utgångspunkt i priserna 2015, exklusive skatter och andra avgifter. Duić m.fl. (2017) menar dock samtidigt att priserna framförallt representeras av tekniska kostnader. Detta medför att det är oklart om det verkligen går att säga att det är priser detta motsvarar och inte snarare framtida kostnader men vi redovisar det här som priser eftersom det är så det är presenterat i ursprungsreferensen och eftersom de bedöms öka så pass mycket över tid. Prisuppskattningen för 2045 har vi tagit fram genom att interpolera de angivna uppskattningarna 2030 och 2050 i Sandin m.fl. (2019) med antagen linjär ökning (en valutakurs på 9,3 kr/euro har använts i likhet med Sandin m.fl. 2019). För prisutvecklingen för övriga skogsbränslen gör Sandin m.fl. (2019) ett förenklat antagande och utgår ifrån att även övriga skogsbränslen har samma procentuella utveckling från dagens priser som pellets. Detta antagande är dock inte säkert representativt i framtiden. I verkligheten styrs priser i stor utsträckning av efterfrågan och är svåra att förutspå.

Tabell 8. Uppskattad prisutveckling för pellets i Sverige enligt Duić m.fl. 2017 och Sandin m.fl. 2019 (som baseras på tekniska kostnader). Intervallet motsvarar låg och hög uppskattning på framtida kostnader för arbete (2015 års penningvärde).

	2030	2040	2045	2050
Priser träpellets Sverige (kr/MWh)	350–410	365–430	375–440	385–450

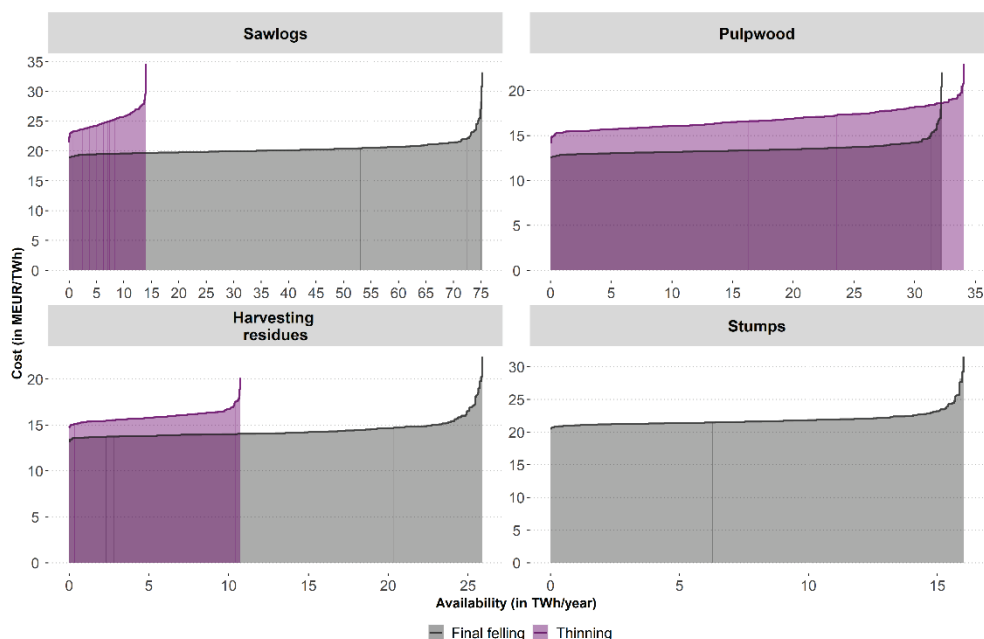
Lundmark m.fl., (2015) uppskattar (i) den geografiska fördelningen och tillgång av skogsråvara i Sverige år 2010–2069, (ii) kostnader för skörd- och uttag av massaved, avverkningsrester (grot) och stubbar samt presenterar (iii) kostnads- och utbudskurvor för dessa sortiment i Sverige med fokus på perioden 2010–2019. Den uppskattade tillgängliga mängden av de tre sortimenten för olika kostnader redovisas i Figur 18. Uppskattningarna av tillgången baseras på två av scenarierna från SKA 08, nämligen produktionsscenario och miljöscenario, där de senare antar ökade naturvårds-avsättningar men inte i samma omfattning som SKA15 (Skogsstyrelsen, 2008). Avverkningskostnaden inkluderar kapitalkostnader och kostnader för arbetskraft, skogsbruk inklusive flytt av maskiner, skogsvägar och overhead. Avverkningsresterna antas flisas vid väggkant och transporten av virket fram till väggkant ingår men inte övriga transportkostnader. En kompensation för uttag av biprodukter till markägaren ingår också i kostnaden. Denna rapporteras representera den extra långsiktiga miljömässiga kostnaden kopplat till att ta ut avverkningsrester. Den genomsnittliga avverkningskostnaden för rundved för 2010–2019 baserat på alla inkluderade skogsområden uppskattas i samma studie till 21–24 euro/m³ beroende på skörd- och uttagsmetod. Motsvarande kostnader för att ta ut även avverkningsrester (grot) uppgick till 23–25 euro/m³ och för stubbar 35 euro/m³. För mer detaljerad information om antaganden och metod hänvisas till bilaga A samt till Lundmark m.fl. (2015).



Figur 18. Uppskattade nationella kostnads- och utbudskurvor för skogsbaserad råvara i form av massaved, avverkningsrester (grot) och stubbar i Sverige 2010–2019, men samma antas gälla grovt även till 2030 givet samma antaganden, enheten på x-axeln är Mm³ fast exklusive bark. Figuren hämtad från Lundmark m.fl. (2015).

Ouraich m.fl. (2018) presenterar uppskattade nationella utbudskurvor för skogsbaserad råvara för kategorierna sågtimmer, massaved, avverkningsrester (grot) och stubbar i Sverige till 2030 för gallring respektive slutavverkning, se Figur 19. Tillgången på olika skogsbaserade biomassasortiment år 2030 baseras på Skogsstyrelsens Skogliga konsekvensanalyser (SKA 15) och specifikt scenariot "Dagens skogsbruk" (Claesson m.fl., 2015). Den geografiska fördelningen av skogsråvara samt kostnader för avverkning och uttag baseras på Lundmark m.fl. (2015), det vill säga avverkningskostnaden inkluderar kapitalkostnader och kostnader för arbetskraft, skogsbruk inklusive flytt av maskiner, skogsvägar och overhead men transportkostnader från väggkant ingår inte. Studien modellerar också priser som representerar "supply point prices" dvs pris vid väggkant, industri eller importhamn etc. men inkluderar inte transportkostnad. Det modellerade medelpriset för respektive kategori uppges vara 23 Euro/MWh för sågtimmer, 15 Euro/MWh för massaved och samma för att även ta ut avverkningsrester (grot) och 22 Euro/MWh för att även ta ut stubbar, vilket motsvarar ungefär 235 kr/MWh för sågtimmer, 153 kr/MWh för massaved och grot och 225 kr/MWh för stubbar med användandet av en valutakurs på 10,2 kr/Euro. För övriga antaganden och metod hänvisas till bilaga A samt Ouraich m.fl. (2018).

Det SKA 15 scenario som används i Ouraich m.fl. (2018) representerar det fall som i denna studie representerar vårt högfäll dvs Dagens skogsbruk med 100 procent avverkning. Denna studie och kostnadsutbudskurvan i Figur 19 bedöms därmed vara den som är mest relevant för utbudsfallen i denna studie och kan användas för att representera kostnadsbilden i våra fall.



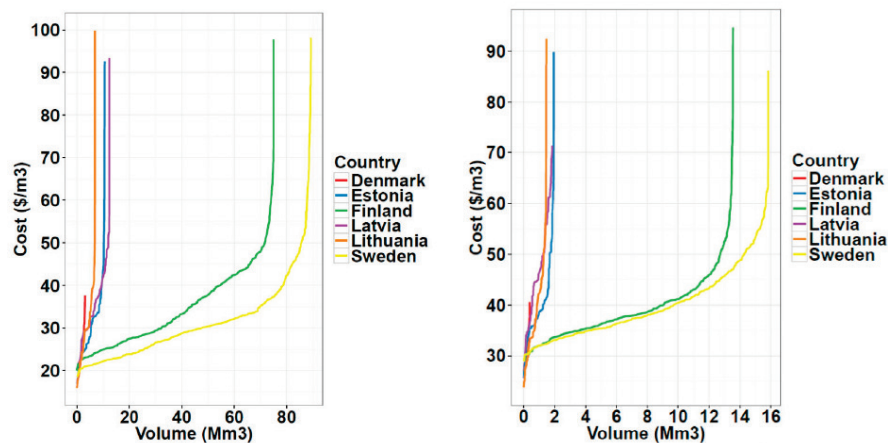
Figur 19. Uppskattade nationella kostnads- och utbudskurvor för skogsbaserad råvara i Ouraich m.fl., (2018) för kategorierna sågtimmer (sawlogs), massaved (pulpwood), avverkningsrester (grot, harvesting residues) och stubbar (stumps) i Sverige till 2030 för gallring och slutavverkning (figuren är publicerad med bearbetning och godkännande av författarna till Ouraich m.fl., 2018).

Di Fulvio m.fl. (2016) presenterar kostnads- och utbudskurvor för rundved och avverkningsrester (grot och ved som inte kan användas som sågvirke eller till massaindustrin) i EU:s medlemsländer för 2015 och 2030 för några olika scenarier. De skogliga biomassapotentialerna är uppskattade med den globala skogsmodellen G4M och den ekonomiska modellen GLOBIOM (Global Biosphere Management Model). Resultaten för Sverige för referensfallet redovisas i Figur 20 (Di Fulvio m.fl., 2016). Resultaten för referensfallet och de övriga undersökta scenarierna för Sverige presenteras i Tabell 9. Kostnaden avser kostnad vid fabriksgrind och inkluderar kostnad för skogsavverkning (inklusive fasta, rörliga, overhead och arbetskraftskostnader) och kostnad för transport till grind samt för rundved från slutavverkning även kostnad för återplantering. Möjligtvis är det inkludandet av transportkostnaden som gör att kostnadskurvorna framstår brantare jämfört med Ouraich mfl (2018) (omräkning från m^3 till MWh kan grovt uppskattat göras med $0.9 \text{ MWh}/\text{m}^3$)²².

Analysen för de tre scenariofallen *standardiserad transport, ekonomisk tillväxt och intensifiering av skogsbruket* i Di Fulvio m.fl. (2016) syftar till att observera hur förändrade transportkostnader, ekonomiska förutsättningar och efterfrågan på biomassa från skog påverkar utbudet av skogsråvara. I fallet för *intensifiering av skogsbruket*, som utöver referensscenariot är den mest relevanta för denna studie och dess högsценарier, utökas den produktiva skogsarealen för att kunna möta den ökande efterfrågan på biomassa från skog enligt prognoser från EU för år 2030. Från Tabell 9 kan man se att kostnads- och utbudskurvorna bara ändrar sig i relativt begränsad utsträckning mellan referensfallet och fallet med ökad

²² Se <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/skorda-skogsbransle/grenar-och-toppar/grotens-kvalitet-och-energiinnehall/>

skogsareal, vilket indikerar att kostnaderna inte förväntas ändras i särskilt stor utsträckning med möjligheten till ökat uttag. Denna begränsade påverkan gäller för Sverige liksom övriga norra Europa. För övriga antaganden och metod hänvisas till Bilaga A och Di Fulvio m.fl. (2016).



Figur 20. Uppskattade nationella kostnads- och utbudskurvor för skogsbaserad råvara för kategorierna rundved (vänstra figuren) och avverkningsrester (levererade som skogsflis) (högra figuren) till 2030 i Sverige och några andra EU-länder. Samtliga kostnader fram till industri ingår, dvs till skillnad från Ouraich m.fl. (2018) ingår i denna studie även kostnader för vägtransporter. Figurerna är hämtade från Di Fulvio m.fl. (2016). 20 respektive 30 \$/m³ motsvarar ungefär 185 och 275 kr/m³ med en valutakurs på 9.2 kr/\$.

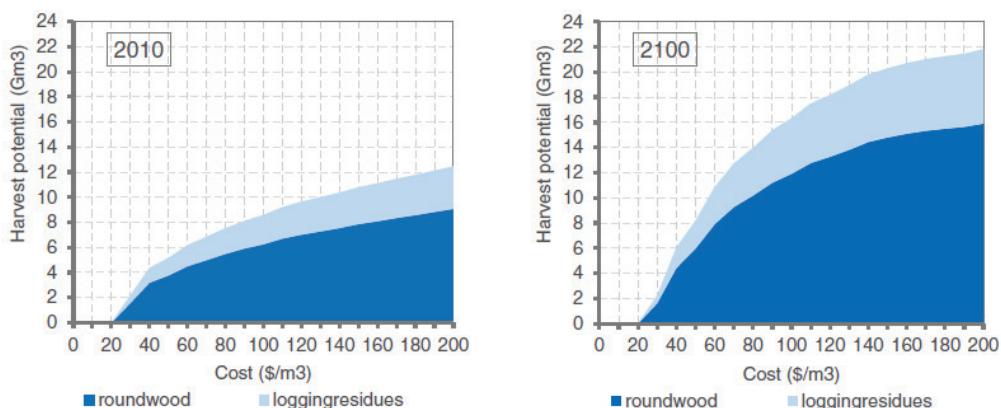
Tabell 9. Beskrivning av kostnads- och utbudskurvan för rundved och avverkningsrester i Sverige för de olika scenarier som studeras i Fulvio m.fl., 2016. 20, 30 och 40 \$/m³ motsvarar ungefär 185, 275 och 370 kr/m³ respektive med en valutakurs på 9,2 kr/\$.

Sortiment	Scenario	Volym (Mm ³) vid		
		20 \$/m ³	30 \$/m ³	40 \$/m ³
Rundved	Referens	1,2	47,5	78,7
	Standardiserad transport (transportavståndet till industrin sätts till 50 km)	0	55,1	84,1
	Förändrad ekonomisk tillväxt	0,9	40,4	76,3
	Intensifiering av skogsbruket (utökad produktiv skogsareal)	0,4	33,6	75,4
Avverkningsrester	Referens	0	0	9,7
	Standardiserad transport (transportavståndet till industrin sätts till 50 km)	0	0,1	15,7
	Förändrad ekonomisk tillväxt	0	0	8,6
	Intensifiering av skogsbruket (utökad produktiv skogsareal)	0	0	8,7

Inom projektet ZeroC23 har Skogforsk som uppgift att ta fram generella marginal-kostnadskurvor för olika skogsbiomassasortiment för olika regioner i Sverige. Arbetet i ZeroC (som bygger på en relativt detaljerad ansats) pågår parallellt med innevarande projekt men resultat från ZeroC kommer tyvärr inte att kunna hänvisas till i denna rapport som färdigställs innan ZeroC redovisat sina kostnadsuppskattningar.

Som en vidare utblick kan nämnas att globala utbudskurvor för rundved och avverkningsrester för 2010 och 2100 baserat på Global Biosphere Management Model (GLOBIOM) presenteras i Lauri m.fl. (2017), se Figur 21. Kostnaderna inkluderar kostnader för avverkning, transporter och förändrad markanvändning (för detaljer se Lauri m.fl. (2017)). I artikeln redovisas även uppskattad utveckling för globala priser för rundved och avverkningsrester 2010 till 2100 för två scenarier (uttryckta som viktade medelpriser baserat på uppskattningar av regionala priser). För vidare analys kring den globala situationen hänvisas till syntesrapporten för hela forskningsprojektet (Bisaillon m. fl., 2021).

²³²³ ZeroC-projektet saknar hemsida men projektledare är Jan Kjärstad, Chalmers.



Figur 21. Uppskattade globala kostnads- och utbudskurvor för skogsbaserad råvara för kategorierna rundved (mörkblå kurva) och avverkningsrester (ljusblå kurva) för 2010 och 2100. Figuren är hämtad från Lauri m.fl. (2017). 20 \$/m³ motsvarar ungefär 185 kr/m³ med en valutakurs på 9.2 kr/\$.

Uppskattningar av framtida kostnader eller priser för olika skogsbaserade sortiment innehåller naturligtvis alltid stora osäkerheter och är just uppskattningar. Till exempel kan stora barkborreangrepp som följd av torka (vilket är svårt att förutspå), drabba stora områden samtidigt vilket kan påverka och leda till sänkta virkespriser, vilket var fallet i Europa 2019 efter den torra sommaren 2018 (Ståhlberg m.fl., 2019).

Från litteraturen som vi kartlagt här är det svårt att dra en slutsats kring i detalj hur kostnaden för olika skogsbaserade sortiment kommer att utvecklas jämfört med idag. I vilken utsträckning som kostnads-utbudstrappan kan förändras i de tre olika huvudfallen av utbud som vi redovisat i denna studie (se avsnitt 3) så diskuteras detta inte i så stor utsträckning i befintlig litteratur (till exempel inte i Lundmark m.fl. (2015) eller Ouraich m.fl. (2018)). Den information som finns till exempel i Di Fulvio m.fl. (2016), se ovan, visar på relativt begränsad påverkan i olika fall. Vår bedömning är också att kostnaderna inte kommer att påverkas så mycket mellan de olika scenarierna i denna studie. Den totala avverkningsytan ändras visserligen mellan de olika fallen (större i 100%-fallet och minskar i dubbla naturvårdsarealer) men det är en relativt stor osäkerhet i kostnadsuppskattningen i sig och denna bedöms större än eventuell kostnadsskillnad mellan de olika scenarierna. Naturvårdsarealerna kan också påverka genomsnittlig avverkningsyta (minska den) till exempel om större kantzoner avsätts eller om större skyddsområden lämnas och fördelningen av dessa ytor kan påverka transportavstånd och transportkostnader. Men även detta bedöms alltså ha en relativt liten påverkan på kostnads-utbudstrappan.

De avverkningskostnader som används i ovan nämnda studier förutsätter trakthyggesbruk. En politik som strävar mot ökad areal med alternativa skogsskötselsystem, t.ex. hyggesfria avverkningsmetoder, kommer att påverka kostnaderna och även skogsproduktionen. Detsamma gäller klimatförändringen vars effekter även kan påverka kostnader. Detta bedöms för båda dessa aspekter dock troligtvis ske i begränsad utsträckning närmsta tiden och påverkar då inte i så stor utsträckning heller priserna till 2030. Större förändringar av fordon och drivmedel för transport av skogsråvara kan dock få viss påverkan även om den effekten också blir större med tiden.

Kopplat till hur kostnader, pris och fördelning av skogsråvara påverkas av förändringar vill vi för den intresserade passa på att nämna artikeln Bryngemark (2019) som analyserar prisutveckling och påverkan på den svenska skogsråvarumarknaden vid en introduktion av 5–30 TWh av inhemsk biodrivmedelsproduktion från skogsbaserad råvara (se mer i Bilaga A).

5 Faktorer som påverkar framtida tillgång, utbud och kostnader

Den framtida tillgången på skogsbiomassa påverkas av en rad faktorer. Många skogsskötselåtgärder påverkar först på relativt lång sikt (efter 2050) medan beslut som minskar den tillgängliga arealen mark för virkesproduktion påverkar tillgången direkt. Politiska styrmedel påverkar i stor utsträckning hur vi kommer att utnyttja skogsresursen och därmed det möjliga utbudet, framför allt på lång sikt.

Den framtida tillgången på skogsbiomassa påverkas av en rad faktorer. Många av dessa hänger ihop och påverkar varandra på olika sätt varför det inte är helt enkelt att skapa en lista av fristående faktorer och bedöma deras individuella betydelse. Klimatförändringarna påverkar till exempel både direkt och indirekt den framtida tillgången och påverkar flera av de faktorer som i sin tur har betydelse för den möjliga framtida tillgången. Generellt är det dock viktigt att komma ihåg att många beslut och åtgärder för att höja skogsproduktionen som sätts in idag endast i begränsad omfattning påverkar det möjliga utbudet av skogsråvara till år 2050 men desto mer i ett längre perspektiv.

Skogsstyrelsen har tillsammans med främst skogsnäringen (se avsnitt 3) presenterat en lång rad åtgärder (88 totalt) inom olika områden som om de genomförs i sin helhet, vilket i många fall kräver ökade incitament, kan öka skogstillväxten med 20 procent till 2050 givet att andra förutsättningar inte ändras väsentligt (Normark & Fries, 2019). De tre områden med åtgärder som uppskattas stå för uppemot 80 procent av den förväntade tillväxtökningen inkluderar:

- bästa möjliga skogsodlingsmaterial (vilket inkluderar skogsträdsförädling),
- skogsskötsel för hög och värdefull tillväxt,
- minskade skogsskador.

Bästa möjliga skogsodlingsmaterial inkluderar förslag om skogsträdsförädling och att använda bästa möjliga plantmaterial. Skogsskötsel för hög och värdefull tillväxt innebär att plantera, röja och gallra vid rätt tid och på rätt sätt. Minskade skogsskador inkluderar nya bekämpningsmetoder för granbarkborren, andra skadeinsekter och svampsjukdomar men också minskning av mängden älgar och annat klövvilt för att begränsa betesskador. Dessa tre områden som förväntas stå för 80 procent av tillväxteffekten är relativt okontroversiella gentemot miljörörelsen men viltförvaltningsåtgärder kan den svenska jägarkåren förväntas ha åsikter om.

Insatser inom övriga områden bedöms ha en lägre potential att bidra till ökad tillväxt men är fortfarande viktiga och skapar förutsättningar för skogsbruket. Dessa områden inkluderar

- askåterföring (på rätt marktyper),
- dikesrensning,
- främmande trädslag,

- skogsgödsling,
- infrastruktur kopplat till skogsförvaltning (fysisk och digital som vägar, fordon och informationssystem)
- skogsskötsel för andra samhällsmål än ökad tillväxt i skogen,
- fördjupad rådgivning och ökad forskning och utveckling.

Vissa av dessa områden kan påverka olika aspekter som är viktiga för den framtida användningen av skogsresursen. Till exempel kan skogsgödsling leda till ökad volym värdefullt timmer (Normark & Fries, 2019). De skogsskötselåtgärder som bedöms ge snabbast effekt för att öka skogens tillväxt på kort sikt är gödsling och dikesrensning (Normark & Fries, 2019). Ledtiderna inom skogsbruket är långa, och de skogsskötselåtgärder som bedöms vara lämpliga på längre sikt är bl.a. skogsskötselprogram med "tätare skog", hantering av viltfrågan (som också är viktig på kort sikt) och ökade ambitioner vid anläggning av ny skog. Många av de 88 åtgärderna sker inte utan ökade incitament. För en ingående beskrivning av möjliga positiva och negativa konsekvenser av åtgärderna inom olika områden hänvisas till Normark och Fries (2019), med tillägget om de nya kunskaperna kring dikesrensning av dikade beskogade torvmarker som tillkommit efter att den rapporten publicerats (Eriksson, 2021). Några exempel används dock i texten nedan kopplat till beskrivningen av olika faktorer.

Lundmark (2020) nämner också några faktorer som kan påverka tillväxten på virkesproduktionsmarken, framöver och inkluderar då framförallt

- Val av skogsskötelsystem
- Skogsskador (viltskador, stormar, insekter)
- Låga ambitioner för skogsförnygring
- Ökad avsättning av naturvårdsmark
- Ökad hänsyn till rennäringen och annan markanvändning
- Den förväntade klimatpositiva effekten på skogens tillväxt

Detta överensstämmer med de aspekter som Normark och Fries (2019) redogör för med undantag för att den direkta climateffekten lyfts upp separat. Den totala arealen virkesproduktionsmark kommer att påverkas av hur kraven på andel skyddad skogsmark kommer att utvecklas i framtiden med tanke på bland annat Skogsutredningens förslag (SOU 2020:73). Idag skyddas genom formellt skydd, frivilliga avsättningar, hänsynsytor och improduktiv skogsmark ungefär 26 procent av den totala skogsmarksarealen (Skogsstyrelsen, 2019). Läger man till formellt skydd av 500 000 ha fjällnära skog enligt Skogsutredningens förslag nås ungefär 28 procent (att jämföra med EU kommissionens förslag till uppdaterad skogsstrategi där 30 procent av arealen nämns). Avgörande här blir vilken skyddsnivå som beslutas på nationell och/eller på internationell nivå, men också vilken skyddsstatus som kommer att räknas in som skyddad mark. När Sverige idag rapporterar in arealen skyddad mark till International Union for Conservation of Nature (IUCN) så rapporteras i stort sett bara arealer inom de två starkaste skyddsklasserna, vilket omfattar strikta naturreservat och nationalparker. Den skyddade landarealen i Sverige landar då på endast 10 procent. Detta medan andra länder i Europa är mer generösa såsom t.ex. Tyskland med 32 procent av landarealen rapporterad som skyddad – men med endast 1,4 procent i de två striktaste skyddsklasserna (Naturvårdsverket, 2021).

Utöver tillgänglig areal för virkesproduktion och skogens skötsel påverkas det framtida möjliga utbudet av skogsbiomassa och dess pris även av andra faktorer såsom (Sandin m.fl., 2019; Skogsstyrelsen 2021c; 2021d):

- klimatförändringarna och dess effekter (till exempel stormar, bränder, nederbörd, skadegörare)
- politik i form av till exempel styrmedel som hållbarhetskriterier,
- certifieringar,
- befolkningsutveckling,
- handelsförändringar,
- ekonomisk utveckling,
- utveckling av arbetskraftskostnad,
- teknisk utveckling (som kan påverka efterfrågan men även kostnader till exempel för insamling, bearbetning och transport av skogsråvara),
- konkurrerande råvarors utbud och efterfrågan,
- återvinningsgraden av skogsprodukter,
- miljömålprioriteringar och andra samhällsmål till exempel hänsyn till biologisk mångfald och rennärning,
- anläggningarnas lokalisering med mera.

Men framförallt bedöms **efterfrågan på skogsråvara till olika användningsområden** vara central för det framtida möjliga utbudet och priset för olika fraktioner. Skogsbruket och skogsindustrins utveckling drivs av att det finns tillräckligt höga priser på skogsråvara tack vare existerande och expanderande marknader som i sin tur ger lönsamhet för skogsägaren. Övriga faktorer listade ovan påverkar denna efterfrågan på olika sätt.

En översiktlig beskrivning av påverkan av ett urval olika faktorer och en översiktlig bedömning av påverkans storlek och tidsperspektiv presenteras i Tabell 10. Tidshorisonten i denna studie fram till 2045 är i skogliga sammanhang på våra breddgrader att betrakta som kort sikt. Det är därför viktigt att tydligt redogöra för vilka åtgärder som kan förväntas ha effekt på den tidshorisont som beaktas här och vilka som ger effekt långt senare. Generellt är det viktigt att komma ihåg att relativt okontroversiella åtgärder som snabbt når stora arealer, såsom förbättrad anläggning av ny skog efter föryngringsavverkning (markbearbetning, skogsodlingsmaterial med mera), generellt har störst potential, medan mer kontroversiella åtgärder såsom främmande trädslag inte får så stor effekt då arealen sannolikt blir begränsad (Normark & Fries, 2019).

Tabell 10. Sammanställning av ett urval faktorer som påverkar tillväxt och tillgång och bedömning av påverkan. Med kort sikt avses till 2035, med medellång sikt avses till 2045 och med lång sikt avses efter 2045.

Faktor	Beskrivning av samhällets påverkan och rådighet		Bedömning av påverkan	Tidsperspektiv för påverkan
	möjlighet att påverka	begränsad rådighet		
Skogsskador	Negativ påverkan på tillväxt och tillgång Rådighet till viss del (beroende av typ av skogsskada), t.ex. viltskador kan påverkas genom viltstammens storlek		Stor (Normark & Fries, 2019)	Påverkan både på kort, medellång och lång sikt
Skogsodlingsmaterial	Positiv påverkan på tillväxt och tillgång		Stor (Normark & Fries, 2019)	Påverkan främst på lång sikt
Skogsgödsling ¹	Positiv påverkan på tillväxt och tillgång		Stor påverkan men bedöms enligt Normark & Fries (2019) ha en mer begränsad påverkan då antas utföras på en mer begränsad areal	Påverkan både på kort, medellång och lång sikt (om fortsätter ske)
Dikesrensning	Positiv påverkan på tillväxt och tillgång		Mer begränsad påverkan (Normark & Fries, 2019)	Påverkan primärt på kort sikt
Främmande trädslag	Positiv påverkan på tillväxt och tillgång		Mer begränsad påverkan då antas utföras på en mer begränsad areal (Normark & Fries, 2019)	Påverkan främst på lång sikt
Klimatförändringarnas direkta påverkan på skogens tillväxt	Förväntas ge positiv påverkan på tillväxt och tillgång, men kan även ha negativ påverkan på vissa platser (torka), exakt påverkan är osäker Har vi inte rådighet över (bara indirekt genom att minska klimatpåverkan)		Stor (Ståhlberg m.fl., 2019)	Framförallt påverkan på medellång till lång sikt
Övrig påverkan från klimatförändringar	Risk för negativ påverkan på tillväxt pga ökad sannolikhet för t.ex. skogsbränder, viltskador och snöskador (Hansson m.fl., 2021). Möjligtvis ökat utbud av skogsbiomassa till biobränslen pga ökad risk för t.ex. granbarkborreangrepp och skogsbränder (Hansson m.fl., 2021). Många osäkerheter dock och regionala skillnader. Möjlighet finns att i viss utsträckning "anpassa" skogsbruket efter klimatförändringarna men i stort har vi begränsad rådighet över denna påverkan		Stor (Ståhlberg m.fl., 2019)	Framförallt påverkan på medellång till lång sikt
Biologisk mångfald och hänsyn till andra samhällsmål	Riskerar att ha en främst negativ påverkan på tillgång (t.ex. kan naturhänsyn i form av skyddad skogsmark minska möjlig skogsproduktion)		Mellan/Stor (De Jong m.fl., 2017)	Påverkan både på kort, medellång och lång sikt

¹ Kan inkludera askgödsling som kan ha positiv påverkan på vissa marker (som dikad torvmark) och askåterföring som har mer begränsad påverkan på tillväxten.

5.1 VIDARE BESKRIVNING AV ETT URVAL FAKTORER

Effekter av klimatförändringen

Sammantaget bedöms klimatförändringar och dess följder kunna bidra till stor påverkan av utbudet av skogsråvara. Ett varmare klimat förväntas leda till ökad skogstillväxt men det kan också bland annat leda till ökad frekvens av längre torrperioder, vilket begränsar tillväxten under dessa perioder. Hansson m.fl. (2021), som analyserat klimatförändringarnas påverkan på den svenska skogen ur ett bioenergiperspektiv, visar att klimatförändringarna, utöver förändrad skogstillväxt, påverkar aspekter i skogen som ökad risk för skogsbränder och torka, ökad risk för skadedjur (t.ex. granbarkborrar), viltskador och svampsjukdomar, ökad risk för stormfällning och snöskador samt ökad fuktighet i mark samt förändrad tjäle. Dessa aspekter påverkar tillväxten och det möjliga uttaget från skogen för olika ändamål. Till exempel kan det medföra flera och mer svårhanterliga situationer med ökade skogsskador och svårare förhållanden för skogsmaskiner (Normark & Fries, 2019, Ståhlberg m.fl., 2019).

Skogsindustrin i södra Sverige är som ett specifikt exempel för närvarande starkt beroende av gran och angrepp av granbarkborren kan då leda till lokalt ökad avverkning och ökad andel som går till biobränsle pga försämrad kvalitet (Ståhlberg m.fl., 2019; Hansson m.fl., 2021). Framtida skogsodlingsmaterial kan dock klimatanpassas. Främmande trädslag för skogsodling i Sverige kan komma att få en viktig roll vid klimatanpassning av framtidens skogsbruk (Normark & Fries, 2019). Men införandet av främmande trädslag är också kontroversiellt vilket kan bromsa takten och begränsa arealen. Det finns generellt ett fortsatt behov av ökad kunskap kring påverkan av ett förändrat klimat och förbättrad beredskap för skador orsakade av ett förändrat klimat.

Effekter av hänsyn till biologisk mångfald, naturvård, rennäringen med mera

Skogsskötsel för andra samhällsmål än ökad skogstillväxt inkluderar naturhänsyn för att begränsa påverkan på den biologiska mångfalden (vilket illustreras av scenario Låg i denna studie som antar dubbla naturvårdsavsättningar). I den senaste skogsutredningen (SOU 2020:73) föreslås också en utökning av arealen skyddad skogsmark i jämförelse med dagens i form av ett ökat bevarande av fjällnära skog eller skog i nära anslutning, motsvarande 500 000–525 000 hektar. Sådana avvägningar är mycket omdiskuterade i Sverige och riskerar generellt att minska skogsproduktionen.

Användandet av främmande trädslag har potential att öka skogsproduktionen men riskerar att påverka den biologiska mångfalden negativt. Därför kommer sannolikt den tillgängliga arealen för främmande trädslag att begränsas. Åtgärder som vidtas för att öka skogstillväxten genom bättre röjda och gallrade skogar och för att restaurera den skötta skogen kan dock även ha positiv påverkan på den biologiska mångfalden (Normark & Fries, 2019). Hänsyn till rennäringens intressen medför troligtvis att en mindre andel av den årliga tillväxten avverkas längre norrut i Sverige (Lundmark, 2020).

Även andra aspekter av dagens skogsbruks påverkan på hållbarhet (inkluderandes både miljömässiga och sociala aspekter) som regleras till exempel genom miljöcertifiering av skogsbruket (t.ex. FSC²⁴) kan påverka det framtida uttaget och efterfrågan på skogsbiomassa. Detta gäller även nya och reviderade regelverk inom EU som beskrivs mer utförligt nedan.

Påverkan av skogsskötselsystem

Ett annat område som diskuteras är betydelsen av avverkningsmetod och då specifikt hyggesfria metoder versus trakthyggesbruk (kalhyggesavverkning). Hur och på vilken sikt påverkar detta det möjliga utbudet från skogen och uttag av grot med mera?

I EU kommissionens uppdaterade skogsstrategi från juni 2021 föreslås att hyggesfria skogsskötselmetoder ska premieras samtidigt som det i Sverige totalt dominerande trakthyggesbruket ska undvikas. Det är ännu oklart vilken påverkan denna strategi kommer att få på det svenska skogsbruket, men liknande tankar framförs också i den svenska debatten där mer hyggesfria metoder förespråkas. Hyggesfritt skogsbruk är inte något väl definierat begrepp inom skogsbruket eller skogsvetenskapen – det är därför fortfarande lite oklart vad som rymms inom den definitionen. Men Skogsstyrelsen har gjort ett försök och levererat resultatet i en rapport (Skogsstyrelsen, 2021e). De två skogsskötselsystemen trakthyggesbruk och blådningsbruk är däremot definierade där det senare kräver fullskiktade skogar (träd av alla storlekar) där uttag görs genom periodiska gallringar där i första hand de större träden avverkas.

Det empiriska underlaget för att bedöma hur skogsproduktionen skulle påverkas vid införandet av blådningsbruk i större skala är litet – men bedömningen är att man på beståndsnivån kan komma att tappa kanske 20 procent av produktionen på marker där metoden har förutsättningar att fungera ganska bra ur produktionssynpunkt, det vill säga på näringsrika grandominerade marker (Hynynen m.fl., 2019; Lundqvist, 2017). Vid en storskalig tillämpning av av metoden där metoden även används på marker som ur produktionssynpunkt inte lämpar sig då de är för näringsfattiga för att säkra rekrytering av nya träd genom naturlig förnygring, har olämpligt trädslag, det vill säga andra trädslag än gran, eller inte är fullskiktade (vilket gäller merparten av den svenska virkesproduktionsmarken) kommer tillväxtminskningen att bli betydligt större. Forskning som indikerar att blådningsbruk ur produktionssynpunkt kan mäta sig med trakthyggesbruk bygger uteslutande på modellstudier där den typ av modeller som använts är olämpliga för att prognostisera skogsproduktion i fullskiktade skogar (t.ex. Tahvonen & Rämö, 2016). Effekten av ett storskaligt införande av blådningsbruk på skogsproduktionen kommer att märkas först mot slutet av perioden 2030–2045 om den introduceras successivt och vid alla skötselåtgärder från förnygring och framåt. Om introduktionen istället genomgående görs i slutavverkningsmogen skog kan effekten bli mer omedelbar.

²⁴ Skogsbrukscertifiering enligt FSC, <https://se.fsc.org/se-se>

Effekter av efterfrågan och teknisk utveckling

Produktionen av sågade trävaror är det sortiment som ger högst ersättning per kubikmeter till markägaren. Således är det idag framförallt efterfrågan på sågade trävaror som driver produktionen av massaved och bioenergi med mera (Staffas m.fl., 2015). I framtiden, med en utvecklad bioekonomi, är det möjligt att andra produkter kommer att öka i värde och därmed i betydelse. Exempelvis har det energirika ligninet (som utgör mer än 25 procent av massaveden inom massaindustrin) potential att användas för mer förädlade biobaserade energibärare. För närvarande pågår forskning och försöksverksamhet av ett flertal företag för att förädla lignin. Exempelvis en testbädd för utveckling av ligninprodukter (Nordic Paper), teknikutveckling för att framställa ligninolja ur svartlut (SunCarbon) och förädling av lignin till biooljan Lignol som kan raffinerats till biodrivmedel eller förädlas till bioplasten Lignisol (RenFuel) (Danske Bank, 2020).

En ökad efterfrågan på träbyggande och andra biobaserade produkter kan bidra till att skapa mer biprodukter från skogen och skogsindustrin som kan omvandlas till mer förädlade energibärare. Dagens och framtida uttag av grot och andra hyggesrester styrs av ekonomiska aspekter (bränslepris), logistik (t.ex. transportavstånd) och Skogsstyrelsens rekommendationer (Black-Samuelsson m.fl., 2017). Teknisk utveckling har potential att reducera framtida kostnader för avverkningsrester och därmed öka utbudet. Även en ökad effektivisering inom skogsindustrin som använder stora mängder biprodukter som energikälla internt kommer att kunna frigöra flöden av biomassa för andra energiändamål.

Det finns alltså stora möjligheter att utveckla produktportföljen från skogsråvara mot mer högvärdiga produkter som biodrivmedel, bioflygbränsle, biokemikalier osv genom att betydligt effektivare utnyttja den skogsbiomassa som idag blir energi. Detta både genom energi- och råvarueffektiviseringar inom skogsindustrin samt kanske även minskad efterfrågan på biobränslen för värmeproduktion. Med ökad betydelse av mer högvärdiga produkter kan utvecklingen av efterfrågan av dessa bli mer viktiga för skogsindustrins utveckling framöver.

Politiska styrmedel och mål

I vilken utsträckning som de möjligheter och begränsningar som beskrivits ovan kommer att realiseras beror i stor utsträckning på framtida styrmedel och mål som påverkar skogen, både nationellt och inom EU. Politiken bestämmer därmed i slutändan hur vi kommer att utnyttja skogsresursen. Exempel på svenska styrmedel utgörs utöver av nationella mål (som långsiktiga klimatmål och relevanta miljömål) och strategier (som den svenska strategin för biodiversitet och ekosystemtjänster, det nationella skogsprogrammet och tillhörande regionala skogsstrategier samt den svenska bioekonomistategin som är under utveckling) av skogsvårdslagen och miljöbalken. Därtill kommer de eventuella förslag som kommer att följa av den senaste skogsutredningen (SOU 2020:73). Även styrmedel som påverkar efterfrågan av nya skogsbaserade produkter som biodrivmedel och bioflygbränslen (Reduktionsplikten för drivmedel respektive flygbränslen), kan leda till förbättrad lönsamhet inom skogsindustrin är därmed ökad betalningsförmåga för skogsråvara och ekonomiska incitament för ökad aktivitet inom skogsbruket. Ökade incitament i byggsektorn för mer träbyggande av

klimateskäl, t ex korslimmat trä (CLT) som ersättning för betong, kan också leda till ett alltmer aktivt skogsbruk genom ökad lönsamhet. Samma sak gäller ersättning av fossila material, t ex plast, med cellulosabaserade material där politiska styrmedel på olika sätt begränsar användningen av plast idag. Om vi ser på den möjliga tillväxten så skulle olika former av bidrag för tillväxtbefrämjande åtgärder kunna öka tillväxten på sikt. Till 2045 är det framförallt gödsling som kan bli aktuellt. På längre sikt är det ambitiös beståndsanläggning med bra plantmaterial och snabbväxande trädslag som gäller.

Från ett EU-perspektiv finns och diskuteras t.ex. EUs skogsstrategi, EUs biodiversitets strategi till 2030, hållbarhetskriterierna för fasta biobränslen i det uppdaterade Förnybarhetsdirektivet (RED II), EU:s taxonomi för hållbara investeringar (EU:2020/852), förordningen kopplat till utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF), EUs bioekonomistrategi och EUs handlingsplan för cirkulär ekonomi. På det internationella planet finns t.ex. de globala hållbarhetsmålen (SDG), klimatkonventionen och Parisavtalet och konventionen om biologisk mångfald. Samtliga av dessa styrmedel (både nationella, regionala och internationella) kan, beroende på hur de utvecklas i detalj framöver, ha stor påverkan både på skogsproduktion (genom att det t.ex. påverkar möjligt uttag av bl.a. grot eller rundved i stort versus hur mycket skog som ska sparas) och efterfrågan på biobränsle. De befintliga och föreslagna styrmedlen är inte heller alltid samstämmiga vilket innebär en extra utmaning.

6 Referenslista

- Athanassiadis, D., 2020. Forest Energy Atlas – User guide. Department of Forest Biomaterials and Technology Swedish University of Agricultural Sciences. <https://forest-energy-atlas.luke.fi/>.
- Backlund & Nordström. 2014. Nya produkter från skogsråvara – En översikt av läget 2014 – Arbetsrapport Från Skogforsk nr. 854-2014.
- Bisaillon m. fl., 2021. Konkurrensen om den svenska skogsråvaran – syntesrapport. Energiforsk. Rapport 2021:820. ISBN 978-91-7673-820-7.
- Biometria. 2019. Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2014–2018, Biometria, September 2019.
- Biometria. 2021. Skogsindustrins virkesförbrukning 2016–2020, Biometria, 2021-04-29.
- Black-Samuelsson, S., Eriksson, H., Henning, D., Janse, G., Kaneryd, L., Lundborg, A., Niemi Hjulfors, L., 2017. Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder. Rapport av Skogsstyrelsen, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Rapport 10, Skogsstyrelsen. 2017. 53 sid.
- Bryngemark, E. 2019. Second generation biofuels and the competition for forest raw materials: A partial equilibrium analysis of Sweden. Forest Policy and Economics 109 102022.
- Börjesson, P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Report No 97, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University
- Börjesson, P. 2021. Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – En uppdatering. Report No 121, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University
- Claesson, S., Duvemo, K., Lundström, A., Wikberg, P-E., 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015-SKA 15. Rapport 10–2015. Skogsstyrelsen, Jönköping. 110 sid.
- Danske Bank. 2020. Skog & Ekonomi – Nyheter från Danske Bank, Nummer 4/december 2020.
- Danske Bank. 2021. Skog & Ekonomi – Nyheter från Danske Bank, Nummer 3/september 2021.
- De Jong, J., Akselsson, C., Egnell, G., Löfgren, S., Olsson, B. A., 2017. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? Forest ecology and management, 383: 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.028>
- Di Fulvio, F., Forsell, N., Lindroos, O., Korosuo, A., Gusti, M. 2016. Spatially explicit assessment of roundwood and logging residues availability and costs for the EU28. Scandinavian Journal of Forest Research, 31:7, 691-707.
- Duić, I., Štefanić, N., Lulić, Z., Krajačić, G., Pukšec, T., Novosel, T., 2017. EU28 fuel prices for 2015, 2030 and 2050. Deliverable 6.1: Future fuel price review.
- Energimyndigheten. 2020. Energiläget 2020, ET 2020:1. Statens Energimyndighet, maj 2020.

- Energimyndigheten. 2021. Energiläget i siffror 2021 (excel), <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/> (Hämtad 2021-07-06).
- Energimyndighetens statistikdatabas. 2021a. Produktion av sönderdelade oförädlade trädbränslen fördelade på bränslekategori och råvarans ursprung, GWh, 2013–2019. <http://pxexternal.energimyndigheten.se/sq/774553fd-d6a6-4825-ba3d-7bf90316c3a6> (Hämtad 2021-07-13).
- Energimyndighetens statistikdatabas. 2021b. Produktion av sönderdelade oförädlade primära skogsbränslen av inhemskt ursprung med fördelning på sortiment, GWh, 2013–2019. <http://pxexternal.energimyndigheten.se/sq/cb9f5905-42c8-430d-9330-ed7e071efc95> (Hämtad 2021-07-13).
- Energimyndighetens statistikdatabas. 2021c. Produktion av sönderdelade oförädlade skogsbränslen fördelade på sortiment och råvarans ursprung, GWh, 2013–2019. <http://pxexternal.energimyndigheten.se/sq/addcb07e-5840-4892-8f06-def6ee9b2f27> (Hämtad 2021-07-13).
- Energimyndighetens statistikdatabas. 2021d. Trädbränsle och torvpriser, per år exklusive skatt, från och med 1993, kronor/MWh fritt förbrukare, löpande priser. https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Tr%c3%a4dbr%c3%a4nsle-%20och%20torvpriser/-/EN0307_2.px/table/tableViewLayout2/ (Hämtad 2021-07-16).
- Energimyndighetens statistikdatabas. 2021e. Import och export av sönderdelade oförädlade trädbränslen, GWh, 2013–2019. http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Produktion,%20import%20och%20export%20av%20of%c3%b6r%c3%a4dlade%20tr%c3%a4dbr%c3%a4nslen/Produktion,%20import%20och%20export%20av%20of%c3%b6r%c3%a4dlade%20tr%c3%a4dbr%c3%a4nslen/EN0122_4.px/table/tableViewLayout2/ (Hämtad:2021-08-31)
- Eriksson, H. 2021. Personlig kommunikation. Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen. 2021-10-22.
- Eriksson, H., Fahlvik, N., Freeman, M., Fries, C. m.fl. 2015. Effekter av ett förändrat klimat. SKA 15. Skogsstyrelsens rapport 2015:12.
- Fridh, M., Christiansen, L. 2015. Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA15. Meddelande 3–2015. Skogsstyrelsen, Jönköping. 64 sid.
- Fråne, A., Hultén, J., Sundqvist, J.O., Viklund, L. 2017. Framtida avfallsmängder och avfallsbehandlingskapacitet. SMED Rapport 2017:1.
- FSC. 2021. FSC Sweden – Statistik och fakta. <https://se.fsc.org/se-se/fscs-betydelse/statistik-och-fakta> (Hämtad: 2021-11-26)
- Gunnarsson, J., Rydberg, T. 2021. På väg mot en biobaserad samhällsekonomi. Hur påverkas konkurrensen om den svenska skogsråvaran? – Delprojekt 5-framtidsbild skogsindustrin. Energiforsk. Rapport 2021:822. ISBN 978-91-7673-822-1.
- Hansson, J., Hellsten, S., Gode, J., Kjellström, E. & Strandberg, G. 2021. Klimatförändringarnas inverkan på bioenergi. Energiforsk. Rapport 2021:739. ISBN 978-91-7673-739-2.

- Havlík, P., Schneider, U., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., Cara, S.D., Kindermann, G., Kraxner, F. m.fl. 2011. Global land-use implications of first and second generation biofuels targets. *Energy Policy*. 39:5690–5702.
- Hynynen, J., Eerikainen, K., Makinen, H. and Valkonen, S. 2019. Growth response to cuttings in Norway spruce stands under even-aged and uneven-aged management. *Forest Ecology and Management*, 437, 314–323.
- IRENA, 2019. Bioenergy from boreal forests: Swedish approach to sustainable wood use, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Lauri, P., Forsell, N., Korosuo, A., Havlík, P., Obersteiner, M., Nordin, A., 2017. Impact of the 2 °C target on global woody biomass use. *Forest Policy and Economics* 83 p. 121–130.
- Lundqvist, L. 2017. Tamm Review: Selection system reduces long-term volume growth in Fennoscandic uneven-aged Norway spruce forests. *Forest Ecology and Management*, 391, 362–375.
- Lundmark, T. 2020. Skogen räcker inte – hur ska vi prioritera? *Future Forests Rapportserie 2020:4*.
- Lundmark, R., Athanassiadis, D., Wetterlund, E. 2015. Supply assessment of forest biomass – A bottom-up approach for Sweden. *Biomass and Bioenergy* 75, 213–226.
- Naturvårdsverket. 2021. Uppdrag att jämföra, redovisa och föreslå förändringar i den internationella rapporteringen av skyddad natur - Redovisning av regeringsuppdrag. SKRIVELSE 2021-06-18, Ärendenr: NV-01318-21.
- Normark, E. & Fries, C. 2019. Skogsskötsel med nya möjligheter. Rapport från samverkansprocess skogsproduktion. Skogsstyrelsen Rapport 2019/24.
- Ouraich, I., Wetterlund, E., Forsell, N., Lundmark, R. 2018. A spatial-explicit price impact analysis of increased biofuel production on forest feedstock markets: A scenario analysis for Sweden. *Biomass and Bioenergy* 119 (2018) 364–380.
- Persson, T., Palmér, C. H., Lithell, C (red), 2017. Stubbskörd – hur påverkas klimat och miljö? Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. ISBN 978-91-576-9454-6. 49 sid.
- Riksskogstaxeringen. 2021. Skogsdata 2021 – Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen, Tema: Fjällskog. Sveriges Officiella Statistik, Riksskogstaxeringen, Inst. för Skoglig Resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Sandin, G., Sahlén Zetterberg, T. & Rydberg, T. 2019. Tillgång på skogsråvara - sammanfattning och scenarier – en förstudie, IVL Rapport C466.
- Skogforsk. 2020. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2020.
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2021/skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2020/>
- Skogsindustrierna. 2021. Sågade trävaror – produktion och handel.
<https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/sagade-travaror-produktion-och-handel/>
Hämtad: 2021-08-30.

- Skogsstyrelsen, 2008. Skogliga konsekvensanalyser. 2008 Skogsstyrelsen; 2008.
 Rapport SKA-VB 08 No 25. Tillgänglig på:
<http://shop.textalk.se/shop/9098/art66/4646166-79b6f0-1812.pdf>
- Skogsstyrelsen. 2019. Statistik om formellt skyddad skogsmark, frivilliga avsättningar, hänsynsytor samt improduktiv skogsmark. Rapport 2019/18. DNR 2018/4167.
- Skogsstyrelsen. 2020a. Bruttoavverkning 2018 och preliminär statistik för 2019, Statistiska meddelanden, JO0312 SM 2001.
- Skogsstyrelsen. 2020b. Kostnader och intäkter i det storskaliga skogsbruket 2019, SCB Statistiska meddelanden, JO0307 SM 2001.
- Skogsstyrelsen. 2020c. Skattning av avverkningsvolymmer – En kvalitetsstudie. Skogsstyrelsen Rapport 2020/7.
- Skogsstyrelsen. 2021a. Brutto- och nettoavverkad volym (milj. m³sk och m³fub) efter År och Sortiment av stamved, Skogsstyrelsens statistikdatabas, http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas__Bruttoavverkning/JO0312_01.px/table/tableViewLayout1/?loadedQueryId=e88918c7-871b-4d7a-b2e7-78cbf581e9f6&timeType=from&timeValue=0, Hämtad: 2021-07-16
- Skogsstyrelsen. 2021b. Skogsstyrelsens statistikdatabas. Volymvägda genomsnittspriser (kr/m³f ub) på leveransvirke efter region och sortiment. http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas__Rundvirkespriser/JO0303_3.px/?rxid=f37e78ce-ea66-489b-84ce-51ce950252bc
- Skogsstyrelsen. 2021c. Skogliga konsekvensanalyser 2022 – bakgrund och motiv till val av scenarier. Skogsstyrelsen Rapport 2021/6.
- Skogsstyrelsen. 2021d. Omvärldsanalys 2020/21. Skogsstyrelsen Rapport 2021/4.
- Skogsstyrelsen, 2021e. Hyggesfritt skogsbruk - Skogsstyrelsens definition. Rapport 2021/8.
- SOU. 2020:73. Skogsutredningen – Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen. SOU 2020:73.
- Staffas, L., Hansen, K., Sidvall, A. & Munthe, J. 2015. Råvaruströmmar från skogen – tillgång och samband. IVL Rapport C116.
- Ståhlberg, D., Eriksson, H., Bergqvist, J., Isacson, G., Lomander, A. 2019. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket – mål och förslag på åtgärder, Skogsstyrelsen, Rapport 2019/23.
- Tahvonen, O. & Rämö, J. 2016. Optimality of continuous cover vs. clear-cut regimes in managing forest resources. Canadian Journal of Forest Research, 46 (7), 891-901.
- Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. m.fl. 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climate Change (2011) 109:5-31. DOI 10.1007/s10584-011-0148-z

7 Bilaga A: Beskrivning av studier med uppskattningar av framtida kostnader

7.1 LUNDMARK M.FL. (2015)

Artikeln av Lundmark m.fl. (2015) syftar till att ta fram den geografiska fördelningen och tillgång av skogsråvara i Sverige år 2010–2069 samt att beräkna kostnader för skörd- och uttag av biomassa, i form av rundvirke, skörderester och stubbar, för att kunna bilda kostnads- och utbudskurvor. Nuvarande markanvändning, skörd- och uttagsmetoder och pris på skogsråvara har tillsammans med GIS använts för analysen. Produktivitetsfunktioner för skogsmaskiner har tagits fram genom tidsfunktioner och används för att bestämma hur skörd- och utvinningskostnader varierar geografiskt över landet, dvs en "bottom-up" approach för medelkostnad för skörd och utvinning per yta har använts för kostnadsuppskattningarna.

Uppskattningarna av tillgängliga volymer och geografisk distribution av skogsråvara baseras i grunden på Riksskogstaxeringen under perioden 2002–2006 vilket inkluderar all produktiv skogsmark inklusive skyddade områden. Specifikt så används två av scenarierna från SKA 08 (Skogsstyrelsen, 2008).

De två scenarierna från SKA 08 som analyseras representerar produktionsscenarioet och miljöscenarioet från den studien. I båda dessa scenarier antas att:

- dagens skogsskötselstekniker kommer att kvarstå,
- det årliga uttaget av skogsråvara kommer att hållas på en hållbar nivå,
- miljölagstiftning kommer att vara oförändrad,
- klimatförändringar kommer att vara milda.

I miljöscenarioet antas att den skyddade mängden skogsmark i Sverige kommer att öka och att det kommer skapas mer kantzoner längs sjöar och vattendrag och att mer miljöhänsyn tas vid avverkning. I produktionsscenarioet används metoder för att öka produktionen av skogsråvara då det antas att efterfrågan på skogsråvara kommer att vara hög samt att lönsamheten kommer att vara fortsatt god. Metoden genererade data om teoretiska maximum för skogsproduktion och uttag, men för att ta hänsyn till ekologiska begränsningar för ett hållbart uttag av avverkningsrester och stubbar exkluderades följande mark i scenarierna:

- mark belägen närmare än 25 m från vattendrag,
- torv och våtmarker med låg viktbarande förmåga,
- marker med mer än 35 % lutning,
- naturskyddsområden.

För att måna om skogens biodiversitet exkluderades även 20 % av biprodukter, 20 % av barrträdsstubbar och 100 % av lövträdsstubbar från den teoretiska uttagspotentialen i scenarierna. Utöver detta antogs det även att hela uttaget av skogsråvara vid den första gallringen bestod av massaved. Vid senare gallringar antogs 70 % av uttaget bestå av massaved och 30 % av sågtimmer medan det i slutavverkningen antogs vara 70 % sågtimmer och 30 % massaved. De geografiskt

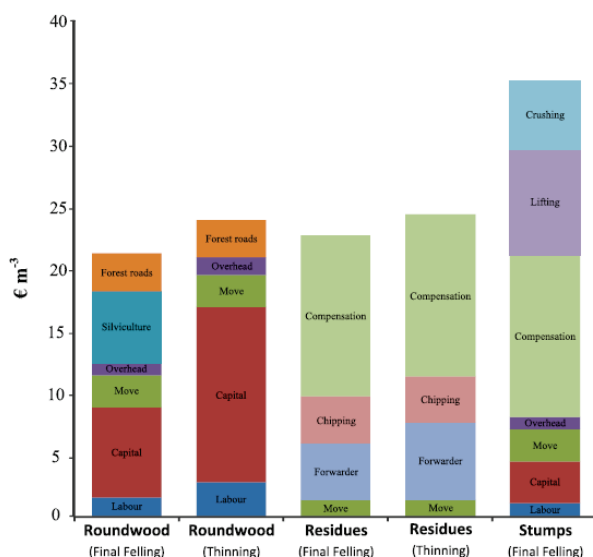
fördelade uppskattningarna av tillgången på skogsbiomassa i Sverige illustreras i figurer med kartor.

Kostnader

Avverkningskostnaden inkluderar kapitalkostnader och kostnader för arbetskraft, skogsbruk inklusive flytt av maskiner, skogsvägar och overhead. Det antas att kortvirkesmetoden (cut-to-length technique) används vid avverkning och att biprodukterna flisas vid vägkant. Transporten av virket fram till vägkant ingår men inte övriga transportkostnader. Investeringskostnader för skogsmaskiner antas ha en avskrivningsperiod på 7 år med en ränta på 5%/år samt med en användning av maskinerna 2528h/år. Biprodukterna antas av skogsmaskinerna tas om hand 35 procent mindre effektivt jämfört med rundvirke.

Ersättningen/kompensationen för uttag av biprodukter antas vara 7.9 €/m³ och denna används för att representera den extra långsiktiga miljömässiga kostnaden kopplat till att ta ut avverkningsrester. Omkostnaderna för skörd och uttag av stubbar är densamma som vid slutavverkning.

De delar som ingår i avverkningsprocessen är att sätta upp avverkningsmaskiner, att avverka och separera biprodukter, transport till vägkant, stapling och flisning vid vägkant. Avverkningskostnaden framstår bero på en rad olika faktorer som t.ex. stamstorlek, terrängförhållanden men dessa beror inte rakt av på utbudet. Tiden det tar att flytta mellan olika platser kan dock bli längre om man inte avverkar lika mycket inom samma geografiska avstånd som tidigare men kostnaden i kostnad-utbuds kurvan representerar en medelkostnad. Medelvärden för de olika kostnadskomponenterna i Lundmark m.fl. (2015) finns redovisade i figur A.1.



Figur A1. Medelvärde för kostnadskomponenterna för de olika sortimenten 2010–2019 (m³ avser fast volym utan bark).

7.2 OURAICH M.FL. (2018)

Ouraich m.fl. (2018) undersöker hur prissättningen på biomassa kan komma att påverkas av ett ökat behov av biobränslen i Sveriges transportsektor år 2030. Två olika modeller användes i undersökningen. BeWhere-Sweden modellen baseras på linjär programmering och används för att bestämma hur efterfrågan på biomassa och produktion av biobränsle varierar geografiskt över landet. Modellen syftar till att minimera den totala systemkostnaden vilket inkluderar kostnader för biomassa och transport samt produktionskostnader för biobränsle i bioraffinaderier. Detta resultat används sedan i en spatial prismodell för skogsråvara (SpPDM) för att ta fram geografiska prisskillnader för biomassa.

Ett antal scenarion användas i analysen och de baseras på antaganden om hur det framtida behovet av skogsbaserat biobränsle för transportsektorn kommer att se ut, vilka mål av biobränsleproduktion som kommer att finnas samt i vilken utsträckning biprodukter från skogsindustrin kommer att användas till biobränsleproduktion. De parametrar som varierar i scenarierna är (i) behovet av skogsbaserat biobränsle till transportsektorn varierar mellan 5–30 TWh/år, (ii) konkurrensintensiteten mellan sektorer som brukar skogsråvaror och (iii) användningen av biprodukter från skogen. Ett basscenario där det antas att det inte finns något behov av skogsbaserat biobränsle ingår också.

Tillgången på olika skogsbaserade biomassasortiment år 2030 baseras på Skogsstyrelsens Skogliga konsekvensanalyser (SKA 15) och specifikt scenariot "Dagens skogsbruk" (Claesson m.fl., 2015). Den geografiska fördelningen av skogsråvara samt kostnader för avverkning och uttag har tagits från Lundmark m.fl. (2015). Den geografiska fördelningen av skogsråvara baseras därmed på funktioner för trädutväxt och kostnaderna för fällning beräknades med hjälp av produktivetsfunktioner för skogsmaskiner. För att bestämma utbudet per cell i modelleringen som tar hänsyn till transportavstånd har en distansmatris tillsammans med simuleringar från BeWhere Sweden modellen använts. Därigenom har transportavståndet kunnat bestämmas vilket används för att bestämma hur marknadsutbudet varierar geografiskt. Analysen tar endast hänsyn till efterfrågan på biomassa år 2030 och inte hur utbudet av biomassa kan komma att påverkas av exempelvis framtida klimatförändringar. Det antas även att all tillgänglig skogsråvara, bortsett från sågtimmer, är tekniskt möjlig att använda till biobränsleproduktion.

7.3 DI FULVIO M.FL. (2016)

Di Fulvio m.fl. (2016) presenterar kostnads- och utbudskurvor för rundved och avverkningsrester (grot och trä som inte kan användas som sågvirke eller till massaindustrin) i EU:s medlemsländer för 2015 och 2030 för några olika scenarier (med olika biomassanvändning och ekonomisk utveckling). Analysen baseras på en bottom-up approach för att uppskatta och jämföra potentialer med den globala skogsmodellen G4M och kostnader. För varje cell, genererar G4M den volym av rundved och avverkningsrester som är möjlig att avverka och hänsyn tas till viktiga faktorer som påverkar skogens karaktäristik i varje cell och biofysiska aspekter beaktas.

Nuvarande och framtida avverkningsvolymen definieras med hjälp av den framtida efterfrågan på biomassa från den ekonomiska modellen GLOBIOM (Global Biosphere Management Model) (Havlík m.fl., 2011). Efterfrågan på skogsråvara i GLOBIOM representerar den maximala potentialen för avverkning i de olika scenarierna. Ekologiska begränsningar tillämpas på känsliga skogsmarker och tekniska förluster uppskattas också. De inkluderade kostnaderna ska spegla nationella kostnader. För rundved motsvarar kostnads- och utbudskurvan för Sverige att 1.2 Mm³ kan tas ut vid 20 \$/m³ och 47.5 Mm³ vid 30 \$/m³ och 78.7 Mm³ vid 40 \$/m³. För avverkningsrester motsvarar kostnads- och utbudskurvan för Sverige att 9.7 Mm³ kan tas ut vid 40 \$/m³ men inget under 30 \$/m³.

I studien utförs en känslighetsanalys av resultatet för tre olika fall: *standardiserad transport*, *ekonomisk tillväxt* och *intensifiering av skogsbruket*. Analysen för de tre fallen syftar till att observera hur förändrade transportkostnader, ekonomiska förutsättningar och efterfrågan på biomassa från skog påverkar resultatet av studien. I fallet *standardiserad transport* fixeras distansen för transport av biomassa till industri till 50 km. För fallet *ekonomisk tillväxt* antas dieselpriiset och GDP per capita förändras i linje med prognoser gjorda av EU för år 2030. I fallet *intensifiering av skogsbruket* utökas den produktiva skogsarealen för att kunna möta den ökande efterfrågan på biomassa från skog enligt prognoser från EU för år 2030. För vår analys i detta projekt är det främst fallet *intensifiering av skogsbruket* som är relevant. Men påverkan på den uppskattade kostnadsutbudskurvan för Sverige liksom övriga norra Europa är i samtliga fall väldigt begränsad. En större påverkan syns endast för rundvirke i centrala delen av östra Europa.

7.4 BRYNGEMARK (2019)

Bryngemark (2019) undersöker hur den svenska el och värmesektorn och skogsindustrin (inkluderande sågverk samt massa- och pappersindustrin) påverkas av en ökad inhemsk produktion av andra generationens biobränsle till transportsektorn. Specifikt undersöks prisutveckling och fördelningen mellan sektorer av skogligt producerad biomassa vid samtidig produktion av 5–30 TWh/år av andra generations biobränsle från skogsbiomassa. De skogsråvaror och biprodukter vars prisförändringar undersöks är massaved, sågspån, flis och bark. En partiell jämviktmodell för skogssektorn används där handel är tillåten mellan fyra regioner som landet har delats i. Samtidigt är utrikeshandel tillåten för att inkludera internationell konkurrens. Modellen och dess data är anpassade till år 2016.

I studien analyseras sex olika scenarion, varav ett basscenario utan någon produktion av andra generationens biobränsle. I de resterande scenarierna varierar produktionen av andra generationens biobränsle mellan 5–30 TWh/år med hopp om 5 TWh/år.

Resultatet visar på en prishöjning på industriella biprodukter av biomassa, vilket bedöms antyd på en ökad konkurrens om råmaterial från skogen. Prisökningen är störst för sågspån och bark och relativt hög även för flis. Denna prisökning leder även till att vinstmarginalen i kraftvärmeindustrin minskar och industrin gör ett skifte i sitt val av bränsle till biprodukter från avverkning av skog. Däremot visar

inte resultatet att denna prisökning av biobränsle för kraftvärmeindustrin gör att användningen av fossila bränslen ökar. Specifika produkter gjorda på biomassa slutar även tillverkas på grund av de ökade priserna. Slutligen, på grund av de ökade priserna på industriella biprodukter höjs takten på avverkning av skog för att på så sätt ökar även produktionen av biprodukter.

DEN SVENSKA SKOGSRESURSEN

Den svenska skogen har en viktig roll att spela även i framtiden. Till 2045 förväntas det möjliga utbudet öka för både sågtimmer, massaved och framförfallt för skogsbränslen. Det visar denna rapports framtida uppskattningar av tillgången på svensk skogsbaserad biomassa för år 2030, 2045 och 2050, fördelade på sågtimmer, massaved och skogsbränslen i energitermer för fyra olika illustrativa scenarier.

Skillnaden i det möjliga utbudet av svensk skogsfråvara mellan åren 2030 och 2045 är relativt måttlig i de olika scenarierna. Men det framtida utbudet påverkas av många olika faktorer, exempelvis skogskötselrelaterade åtgärder och klimatpåverkan, framförallt efter 2045. Beslut som minskar den areal skogsmark som är tillgänglig för virkesfjproduktion, exempelvis ytterligare hänsyn till biologisk mångfald, påverkar däremot tillgången direkt.

Politiska styrmedel påverkar i stor utsträckning hur skogsresursen kommer att utnyttjas och därmed det möjliga utbudet men påverkar även efterfrågan från olika användningsområden. Efterfrågan på skogsråvara till olika användningsområden bedöms vara central för det framtida möjliga utbudet liksom för priset för olika sortiment.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se