

# Marginalkostnadskurvor för skoglig biomassa

Vad kan tas ut till vilken kostnad?

Raul Fernandez Lacruz, Anders Eriksson, Thomas Parklund, Aron Davidsson, Lars Eliasson



Lastning av en rundvirkesbil med separatlastare. Fotograf: Erik Viklund

# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>7</b>
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Syfte .....	8
<b>2. Metod</b> .....	<b>8</b>
2.1 Volym biomassa (timmer, massaved och grot) .....	9
2.2 Destinering av biomassan .....	10
2.3 Kostnad för biomassamobiliseringen.....	11
2.3.1 Drivning .....	11
2.3.2 Sönderdelning (grot).....	12
2.3.3 Vidaretransport .....	12
2.3.4 Andra kostnader .....	13
2.3.5 Kostnader för olika tidsperioder .....	13
2.3.6 Omräkningstal .....	13
2.4 Plottning av marginalkostnadskurvor .....	14
<b>3. Resultat och diskussion</b> .....	<b>14</b>
3.1 Destinering – vart ska den skogliga råvaran? .....	14
3.1.1 Timmer .....	15
3.1.2 Massaved .....	16
3.1.3 Primärt skogsbränsle .....	17
3.2 Nationella marginalkostnadskurvor.....	18
3.2.1 Marginalkostnadskurvor per avverkningsform .....	19
3.3 Regionala marginalkostnadskurvor .....	20
3.4 Generell metoddiskussion .....	21
3.5 Osäkerheter kring biomassamobilisering .....	22
3.6 Skillnader mellan analysperioder.....	22
3.7 Möjligheter för grot .....	23
<b>Slutsatser</b> .....	<b>23</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>24</b>



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts den 21 Augusti av Maria Iwarsson Wide, Programchef  
Värdekedjor. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef,  
granskat och godkänt publikationen för publicering 1 september 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se  
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

# Förord

Skogforsk har tillsammans med Chalmers tekniska högskola tagit ett helhetsgrepp om den svenska industrins klimatomställning i ett projekt som har finansierats av Energimyndigheten (47722-1). I projektet ”Övergång till en koldioxidneutral industri i Norge och Sverige – Processlösningar och stödjande infrastruktur”, som går under namnet ZeroC, har akademi och näringsliv tillsammans analyserat viktiga vägval i resan mot en koldioxidneutral industri. Utöver Energimyndigheten har Preem, Cementsa, Stockholm Exergi samt Göteborgs Energi bidragit med finansiering och engagemang. Under projektet har även flertalet andra företag bidragit i workshops och intressentdialoger. Projektperioden har varit år 2019–2023.

Den här rapporten beskriver den skogliga biomassa (timmer, massaved och grot) som kan bli tillgänglig under tidsperioden 2020–2044, samt vilka marginalkostnader som är kopplade till olika volymer av biomassauttag.

Vi riktar ett stort tack till alla företag och akademiska partners som bidragit i de kreativa lösningsorienterade diskussionerna.

Uppsala, juli 2023

Projektgruppen genom projektledare för Skogforsks arbete Anders Eriksson

# Summary

In addition to being more circular and resource-efficient, future society needs sustainable materials, sustainable and accessible energy, and probably also opportunities to create negative emissions. A major transition has already taken place in the district heating sector, where oil and coal have been replaced by e.g. various types of forest fuels, including primary forest fuels such as tops and branches (logging residues) from final felling.

The purpose of this study was to examine how much forest biomass (timber, pulpwood and logging residues) can be available and at what cost, using marginal cost curves. The work is based on forecasts of biomass volumes from the Forest Impact Assessments (SKA15), using figures from the current situation (2020–2024), the short term (2030–2034), and the long term (2040–2044). Distances from the forest to industries were estimated by analysing historical transport data. The final step was to cost all operations required to deliver the biomass to industry.

For timber, pulpwood and logging residues, transport distances generally decreased from north to south (longer distances in Norrland, shorter distances in Svealand and Götaland). For Norrland, the transport distances from inland to coastal areas were considerably shorter, as many of the major forest industries and fuel consumers (heating, and combined heat and power plants) are concentrated along the coast. In contrast, the industries in Svealand and Götaland are generally spread across the landscape. For pulpwood, it also became clear that the terminals complement the flow patterns for direct transports by road. For primary forest fuels, the distances are generally much shorter than for timber and pulpwood, due to often tight financial margins.

The results showed that most of the sustainable potential for timber and pulpwood is already realised, and possibilities to increase harvesting levels are small. However, logging residues show a large unrealised potential, and in theory these could be delivered at competitive costs in Norrland and even Svealand. Today, the industry sector is looking for sustainable domestic fuels that can be available with high reliability over time, and there is interest in increasing the national security of supply.

Only 3 percent of all timber goes via rail terminals. The corresponding volume for pulpwood is 18 percent, and 3 percent for primary forest fuels. This may change in the future through changes in infrastructure that could allow greater use of rail terminals for long-distance transports.

The study showed that the conditions for delivering forest biomass differ across the country, both in the forest and in the industrial landscape and infrastructure. However, the future is always associated with uncertainties, including both industrial landscape and forestry perspectives. Major changes in policy design, forest management, forestry systems, and the way to handle and transport forest biomass can change and outdate some results.

# Sammanfattning

Utöver att bli mer cirkulärt och resurseffektivt behöver framtidens samhälle hållbara material, hållbar och tillgänglig energi och sannolikt också möjligheter att skapa negativa utsläpp. En stor omställning har redan skett inom fjärrvärmesektorn där fossil olja och kol ersatts av olika typer skogsbränslen, bland annat primära restprodukter så som grenar och toppar (grot) från slutavverkningar.

Syftet med den här studien var att beskriva hur stor volym skoglig biomassa (timmer, massaved och grot) som kan bli tillgänglig, och till vilken kostnad, med hjälp av marginalkostnadskurvor. Arbetet bygger på de prognostiserade biomassavolymer från de skogliga konsekvensanalyserna (SKA15) givet dagens situation (2020–2024), på kort sikt (2030–2034) och på lång sikt (2040–2044). En metod för att uppskatta avstånd från skogen till mottagarindustrier genom analyser av historiska transportdata användes. Det sista steget bestod i att kostnadssätta alla operationer som krävs för att få biomassan levererad till mottagaren.

För timmer, massaved och grot var det generellt sett en fallande skala från de längsta avstånden i Norrland till kortare avstånd i Svealand och Götaland. För Norrlands del minskade transportavståndet markant från inland till kustland, eftersom många av de stora skogsindustrierna och bränsleförbrukarna (värme- och kraftvärmeverk) finns längs med kusten. Däremot är industrierna i Svealand och Götaland generellt mer utspridda över landskapet. För massaved blev det också tydligt att terminalstrukturen kompletterar flödesmönstren för direkttransporter. För primärt skogsbränsle är avstånden idag generellt sett mycket kortare än för timmer och massaved. Primära skogsbränslen är en mer lågvärdig produkt med små ekonomiska marginaler. Resultaten visade att den största delen av den hållbara potentialen för timmer och massaved redan idag används och utrymmet att öka avverkningsnivåerna är litet. Däremot finns det gott om utrymme att öka uttaget av grot, och i teorin leverera den till konkurrenskraftiga kostnader i Norrland och även i Svealand. Idag söker många värmekunder efter hållbara inhemska bränslen som kan vara stabilt tillgängliga över tid och det finns ett ökat fokus på nationell försörjningstrygghet.

Endast tre procent av allt timmer som transporteras i Sverige går via tågterminaler. Motsvarande volym för massaved är arton procent, och tre procent för primära skogsbränslen. Detta kan komma att ändras i framtiden genom förändringar i infrastruktur som kan möjliggöra en större användning av järnvägsterminaler för långväga transporter. Studien visade att förutsättningarna för att leverera skoglig biomassa skiljer sig mellan olika delar av landet, både vad gäller de skogliga förutsättningarna och i hur industrilandskapet och infrastrukturen ser ut. Framtiden är dock alltid förknippad med osäkerheter, både kopplat till ett föränderligt industrilandskap och det skogsbruk som bedrivs. Stora ändringar i styrmedel, vårt sätt att bruka skogen, vårt skogsbrukssystem samt sättet vi hanterar och transporterar den skogliga biomassan kan dock utdatera vissa resultat.

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Vi står inför flera globala hållbarhetsutmaningar där lösningarna ofta kräver stora förändringar på flera plan som kommer att påverka oss alla. En av dessa utmaningar är hur vi bryter dagens fossilberoende. Stora mängder fossila resurser tas fortfarande upp ur marken och används till exempel i transportsektorn och i den tunga industrin. De största utsläppen av växthusgaser från Sveriges industri kommer från järn- och stålindustrin, mineralindustrin samt raffinaderier (Naturvårdsverket 2023). Utöver att vara mer cirkulärt och resurseffektivt, behöver framtidens samhälle hållbara material, hållbar och tillgänglig energi och sannolikt också möjligheter att skapa negativa utsläpp.

Sverige är ett skogsrikt land och cirka 70 procent av landytan (27,9 miljoner hektar) klassas som skogsmark. Virkesförrådet har ökat från 1 790 miljoner skogskubikmeter (m<sup>3</sup>sk) vid mitten av 1920-talet till 3 596 miljoner m<sup>3</sup>sk idag (en ökning på drygt 100 procent), samtidigt som avverkningsnivåerna också har ökat (Roberge m.fl. 2023). Detta har varit möjligt bland annat genom en långsiktig skoglig planering, ett aktivt skogsbruk och engagerade skogsägare. Skogsindustrin svarar för 9–12 procent av den totala sysselsättningen, exporten, omsättningen och förädlingsvärdet i svensk industri (Skogsindustrierna 2022). På bioenergisidan har Sverige under de tre senaste decennierna skalat upp produktionen och lyckats öka tillförseln av bioenergi med cirka tre TWh årligen (Svebio 2020). En stor omställning har redan skett inom fjärrvärmesektorn där fossil olja och kol ersatts av olika typer skogsbränslen, bland annat primära restprodukter så som grenar och toppar (grot) från slutavverkningar, nedklassat rundvirke, klenträ, och skogsindustrins biprodukter så som bark och spån. Idag befinner sig ett flertal andra sektorer, så som transportsektorn och den tunga industrin, på samma resa mot ett minskat beroende av fossila råvaror och fossilfrihet (Fossilfritt Sverige 2023).

Skogen och dess biomassaresurs lyfts ofta ut som en viktig möjliggörare för att Sverige ska kunna bli världens första fossilfria välfärdsland. Det finns idag stora anspråk på skogens biomassaresurs, både de primära produkterna som timmer, massaved och skogsbränslen, såväl som skogsindustrins biprodukter. Förväntningarna är att vi ska bygga mer i trä och samtidigt producera nya produkter så att vi via substitution kan ersätta fossila produkter med biobaserade alternativ. I utarbetade omställningsplaner för olika industrisektorer sätts stora förhoppningar till att skogens produkter ska vara en del av lösningen tillsammans med till exempel elektrifiering, koldioxidinfångning och effektivisering. Samtidigt ökar också samhällets och politikens krav och förväntningar på ökade arealer avsättningar, samt att skogen i allt högre grad ska brukas för att bidra till ökad kolinlagring, biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster.

Det finns stor tilltro till att skogen fortsatt ska kunna vara behjälplig i omställningsresan. Det finns dock begränsningar, såväl ekologiska, tekniska och andra hållbarhetsrelaterade restriktioner, som tillsammans sätter ramarna för hur mycket biomassa som kan bli tillgängligt. Hur vi väljer att bedriva vårt skogsbruk styr också vad som kan komma samhället till gagn på alla nivåer. Man kan fundera mycket kring hur skogsbruket kommer att se ut i framtiden och argumentera för olika möjliga förändringar. Till hjälp finns de skogliga konsekvensanalyserna (SKA) som Skogsstyrelsen gör i samarbete med SLU med jämna mellanrum.



I SKA utgår man från ett antal scenarier där Sveriges skogar nyttjas och sköts på olika sätt, och simulerar i Heureka-systemet vilka konsekvenser detta får för den framtida virkestillgången och skogstillståndet på hundra års sikt (Skogsstyrelsen 2022; Wikström m.fl. 2011).

Vår studie har för avsikt att addera kostnadsperspektivet till SKA för timmer, massaved och grot, eftersom hur mycket biomassa som kan bli tillgängligt också beror på vad marknaden är beredd att betala. Marginalkostnaden ökar med ökad uttagsvolym, eftersom man oundvikligen måste hämta råvaran från trakter med sämre förutsättningar, exempelvis längre bort från kunden eller med svårare drivningsförhållanden.

Marginalkostnadskurvorna kan användas utifrån två olika perspektiv:

1. Om betalningsviljan är så här stor, då kan så här mycket skoglig råvara bli tillgänglig.
2. Om så här mycket biomassa behöver mobiliseras, då måste någon vara beredd att betala minst så här mycket.

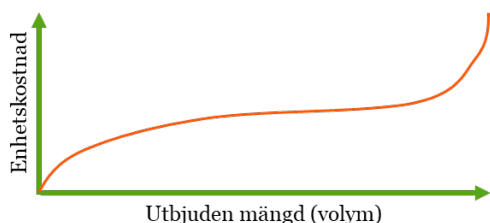
## 1.2 Syfte

Syftet med den här studien var att beskriva hur stor volym skoglig biomassa som kan bli tillgänglig till vilken kostnad. Med andra ord, att beskriva relationen mellan tillgång och kostnadsinsats för olika skogliga sortiment.

Mer specifikt var syftet att ta fram marginalkostnadskurvor för timmer, massaved och grot givet dagens situation (2020–2024), på kort sikt (2030–2034) och på lång sikt (2040–2044), samt sätta dessa kurvor i en regional kontext landsdelsvis.

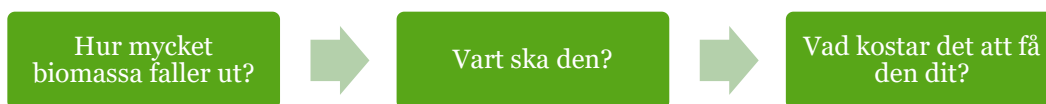
## 2. Metod

En marginalkostnadskurva visar förhållandet mellan enhetskostnad för en vara och teoretisk utbjuden mängd av samma vara (Figur 1). Vårt arbete med att ta fram marginalkostnadskurvor bygger på prognostiserade volymer från SKA15, som kombineras med en metod för att uppskatta avstånd från skogen till mottagarindustrier (sågverk, massa- och pappersbruk, värme- och kraftvärmeverk). Det sista steget bestod i att kostnadsätta de operationer som krävs för att få biomassan levererad till mottagaren. Arbetet illustreras av Figur 2 och beskrivs i detalj i efterföljande stycken.



**Figur 1.** Konceptuell modell av en marginalkostnadskurva.





**Figur 2.** Konceptuellt arbetssätt för framtagning av marginalkostnadskurvorna.

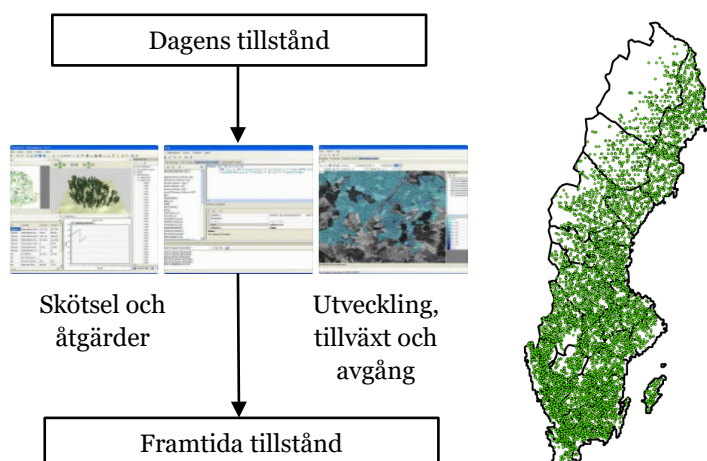
## 2.1 Volymer biomassa (timmer, massaved och grot)

Grunddata för tillgänglig biomassavolym hämtades från SKA15 (Claesson m.fl. 2015; Skogsstyrelsen 2015), vilket var den senaste versionen av SKA när projektet ZeroC inleddes. SKA15 baseras på Riksskogstaxeringens fältinventeringsdata för permanenta och tillfälliga provytor för åren 2008–2012 (Figur 3). SKA15 använder analys- och planeringsverktyget Heureka för att simulera skogstillstånd och utfall från dessa provytor ("utbudspunkter") från år 2010 till 2110. Resultat kan plockas ut i femårsperioder för en mängd variabler. Utfallet utgör den teoretiska potentialen för timmer, massaved och grot på virkesproducerande mark, det vill säga produktiv skogsmark som inte innefattas av reservat, frivilliga avsättningar eller hänsynsytor. Av alla möjliga scenarier i SKA15 valde vi "Dagens skogsbruk", som antar att skogen avverkas och sköts så som man har gjort de senaste åren och en klimatförändring motsvarande det av IPCC beskrivna utsläppscenario RCP4,5. Vi har valt att plocka ut resultat från tre olika tidsperioder för att illustrera förändringar som bedöms vara intressanta inom ZeroC projektet:

1. Dagens situation (nuläge): period 2020–2024.
2. Förändringar på kort sikt: period 2030–2034.
3. Förändringar på lång sikt: period 2040–2044.

För timmer och massaved inkluderades samtliga volymer som faller ut från gallringar och slutavverkningar, men däremot begränsar vi grotuttag till endast slutavverkningar.

Vi tillämpar ekologiska restriktioner enligt Skogsstyrelsens rekommendationer för grotuttag (Drott m.fl. 2019), som innebär att inget uttag sker från sumpskog, torvmarker, blöta marker eller fuktiga marker med fina jordar, på grund av den ökade risken för körskador. För att värna om den biologiska mångfalden och de organismer som lever på död ved ska också 20 procent av groten lämnas kvar på hygget. I den här studien antas att 30 procent lämnas kvar, oavsett om groten ska skotas färsk eller hyggeslagras, baserat på studien av Eliasson och Nilsson (2015). Enligt resultaten från samma studie, antar vi också att 50 procent av barren lämnas kvar eller faller av under hanteringen från hyggeslagring fram till flisning vid väggkant.



**Figur 3.** Principskiss för hur de framtida uttagsvolymerna beräknas fram inom de Skogluga Konsekvensanalyserna (SKA) via Heurekasimuleringar (till vänster i figuren) och Riksskogstaxeringens provytor (utbudspunkter – *supply points*) (till höger i figuren).

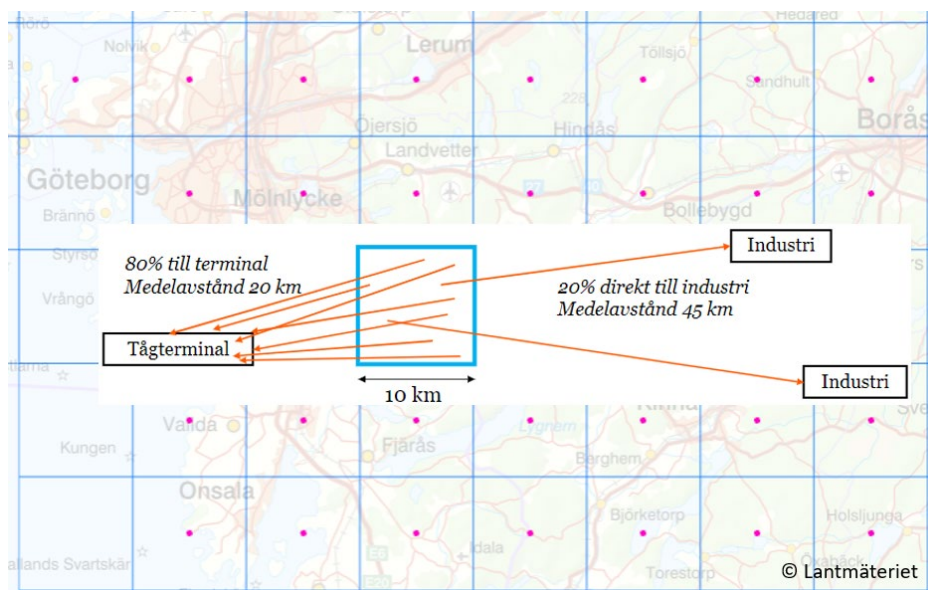
## 2.2 Destinering av biomassan

En viktig del för att kunna beräkna vad det kostar att få biomassan från skogen till en mottagare, är att veta hur långt biomassan måste transporteras för att nå mottagaren. I praktiken går inte alltid biomassan till den närmaste mottagaren. Det beror på att olika mottagare har olika volym- och kvalitetskrav, olika affärsuppgörelser och företagsmässiga aspekter, eller helt enkelt att det inte finns en efterfrågan hos den närmaste mottagaren.

För att beräkna hur lång en trolig transport kommer att vara för varje volym som faller ut från utbudspunkterna (Figur 3), genomfördes analyser på historiska data för faktiskt utförda transporter. Till detta användes transportdata från Biometria för perioden 2018–2020, som bestod av cirka 250 000 avlägg och 5 000 mottagningsplatser per år. Vår metod byggde på att hela Sverige delades in i ett  $10 \times 10$  kilometer rutnät där samtliga utförda transporter under den angivna perioden analyserades sortimentvis (Figur 4). För varje ruta beräknades ett medeltransportavstånd (volymvägt) om vägtransporten gick direkt från skogen till en industri, och ett medeltransportavstånd om vägtransporten gick från skogen till en tågterminal. Vidare beräknades hur stor andel (i procent) som var en direkttransport till industri, samt hur stor andel som gick via en tågterminal. För att minska risken för tomma rutor för transporter av grot (grotverksamheten var i storsett nedlagd i Norrland under perioden 2018–2020) användes transportavstånd för alla primära skogsbränslen sammanlagt.

Utifrån de beräknade medeltransportavstånden från varje ruta utvecklades färgdiagram – så kallade *heatmaps*. Ett medeltransportavstånd från tågterminaler till mottagarindustrier beräknades också med stöd i historiska data för tågtransporter. Heatmaps och andra nyckeltal redovisas i avsnittet ”Resultat”.

För de rutor som trots allt blev tomma (det vill säga inga utförda transporter av timmer, massaved eller primära skogsbränslen) uppskattades ett teoretiskt transportavstånd och volymfördelning genom interpolering av värdena från de närmaste rutorna. Dessa uppskattningar användes för kostnadsberäkningarna, men ingår inte i de heatmaps som togs fram. Dessa visar endast de faktiska värdena.



**Figur 4.** Principskiss för ett exempel på hur de förväntade avstånden beräknades för varje  $10 \times 10$  km ruta i hela landet, oavsett om biomassan går direkt från skogen till industri eller via terminal.

## 2.3 Kostnad för biomassamobiliseringen

Den sista delen i att kunna ta fram en enhetskostnad för volymerna timmer, massaved och grot, var att kostnadsätta de ingående operationerna i försörjningskedjan som krävs för att få biomassan från skogen till industrin.

Dessa var:

- Drivning: avverkning och skotning fram till bilväg.
- Sönderdelning (gäller bara grot).
- Vidaretransport till industri: direkt med lastbil eller via en tågterminal.
- Andra kostnader (gäller bara rundvirke): skogsvård (markberedning, plantering, sådd, röjning, gödsling, o.s.v.), vägar, administration, mätkostnad vid industri och övriga kostnader.

Markägaresättning ingick inte i marginalkostnadskurvorna. Normalt sett betalas ett virkespris till markägaren vid bilväg som inte kan modelleras, eftersom det beror av många faktorer så som sortiment, dimensioner, kvalitet, marknadsläge, konjunktur och detaljer i den enskilda affärsuppgörelsen. Markägaren står för drivningskostnader, vägar, administration samt övriga kostnader, medan virkesköpare (industrin) som köper virke av markägaren står för transport- och mätkostnader. Ersättningen som markägaren får är avsedd att både täcka kostnaderna och ge en vinst, med andra ord, en lönsamhet.

En marginal för risk och vinst ingick inte heller i marginalkostnadskurvorna, varför det nödvändiga marknadspriset för både rundvirke och grot "fritt industri" måste vara högre än marginalkostnaden som tas fram i vår studie.

### 2.3.1 Drivning

Drivningskostnader består av avverkning, skotning och fördelade omkostnader, gällande exempelvis maskinflyttningar. Här används de inrapporterade kostnaderna från skogsentreprenörerna för år 2020 i enkäten av Eliasson (2021a). Enkätens drivningsvolym motsvarade 50 miljoner m<sup>3</sup>fub (kubikmeter fast under bark), vilket är cirka 2/3 av nettoavverkningen i Sverige år 2020. Dessa kostnader presenteras per avverkningsform och landsdel för att återspegla de regionala förutsättningarna i samtliga landsdelar (Tabell 1).

**Tabell 1.** Inrapporterade kostnader för drivning (avverkning, skotning, fördelade omkostnader), medelstamvolym och uttag vid gallring och slutavverkning, för 2020 års prisnivå.

Landsdel	Avverkningsform					
	Gallring			Slutavverkning		
	Kostnad (kr/m <sup>3</sup> fub)	Medelstamvolym (m <sup>3</sup> fub)	Uttag (m <sup>3</sup> fub/ha)	Kostnad (kr/m <sup>3</sup> fub)	Medelstamvolym (m <sup>3</sup> fub)	Uttag (m <sup>3</sup> fub/ha)
Norra Norrländ	206	0,092	44	116	0,196	138
Södra Norrländ	201	0,091	56	104	0,253	204
Svealand	203	0,093	53	100	0,369	220
Götaland	230	0,108	40	102	0,514	234

För att kostnadssätta grotskotningen användes produktionsnormen av Brunberg och Eliasson (2013). Med denna beräknades tidsåtgången för att skota grotvolymer som faller ut vid varje utbudspunkt (Figur 3), med hänsyn till de angivna ekologiska restriktionerna. Ingångsvariablerna i produktionsnormen (specifika för varje utbudspunkt) var uttagsvolym per ha, körhastighet (beroende på ytstruktur och lutning) och terrängtransportavstånd. Terrängtransportavståndet beräknades som avstånd fågelvägen från centrum av utbudspunkten till närmaste väg i den skogliga nationella vägdatabasen (Biometria 2022). Avstånd fågelvägen korrigerades med en regional slingerfaktor med hjälp av avstånden som rapporteras av Brunberg (2017). Som timkostnad för 2020 års prisnivå antogs 1 070 kr per timme för en medelstor skotare.

### 2.3.2 Sönderdelning (grot)

För sönderdelning användes en genomsnittlig kostnad på 48 kr/MWh för år 2020, enligt undersökningen av Eliasson (2021b). Ett medelvärde fungerar bra eftersom vår studie inte kopplas till en specifik sönderdelningsmetod. Brunberg (2014) visade att den dominerande sönderdelningsmetoden i Sverige är flisning (96 procent av volymen), och vad gäller groten görs sönderdelningen vanligen i skogen (91 procent). Det sönderdelade materialet vidaretransporteras huvudsakligen (96 procent) med lastbil.

### 2.3.3 Vidaretransport

Transportkostnader från skogen till industri beräknades per sortiment och landsdel. Till detta användes avstånd från *heatmaps* enligt metoden i avsnitt 2.2. Transporterna ersätts vanligtvis utifrån vikt (ton) och avstånd (km), och därför användes kalkylmodellen av Fjeld m.fl. (2021) för att beräkna landsdelsvisa enhetskostnader för transport i kr/tonkm (Tabell 2). Ingångsparametrar anpassades efter svenska förhållanden med hjälp av Noreland (2020), och Enström och Winberg (2009). För alla vägtransporter användes en bruttovikt för lastbilar på 64 ton, tomma returer och en ränta på fem procent. I kalkylerna för nuläget (2020–2024) användes ett dieselpreis vid pump på 14,47 kr/l, d.v.s. det genomsnittliga priset för 2020 inklusive moms exklusive rabatter (Drivkraft Sverige 2023). Exklusive moms och inklusive rabatter var priset 11,10 kr/l för lastbilstransporter och 9,17 kr/l för drivning och sönderdelning (inklusive ett avdrag på energiskatt för skogsentreprenörer). För tågtransporter antogs ett genomsnittligt elpris (inklusive handels- och nätpriser exklusive skatt) på 44,21 öre/kWh för år 2020, beräknad för hela Sverige och stora förbrukarkategorier utifrån SCB (2023).

Vägtransporter av sönderdelad grot fränkopplades från specifika fordonssystem (så som huggbil, skopbil, flisbil eller containerlastbil) genom att nivålägga enhetskostnaderna med den genomsnittliga kostnaden för vidaretransport av grot, 47 kr/MWh, som rapporteras av Eliasson (2021b). Detta gjordes eftersom maximal lastvikt samt fasta och rörliga kostnader, skiljer sig markant mellan olika fordonssystem.

**Tabell 2.** Beräknade enhetskostnader (kr/tonkm) för väg- och tågtransporter för 2020 års prisnivå.

Sortiment	Vägtransport				Tågtransport
	Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland	Sverige
Timmer	0,970	0,977	1,013	1,023	0,240
Massaved	0,960	0,988	1,020	1,003	0,211
Grot (flis)	2,137	2,152	2,232	2,254	0,191

### 2.3.4 Andra kostnader

För marginalkostnadskurvor för timmer och massaved ingick kostnader för skogsvård, vägar, administration, mätkostnad vid industrin och övriga kostnader, enligt Eliasson (2021a). Dessa hanterades som ett fast tillägg på 122 kr/m<sup>3</sup>fub. För grot exkluderades däremot kostnader för terminalhantering, administration och omkostnader (som var cirka 60 kr/MWh inkl. markägarersättning, enligt Brunberg 2014), på grund av den stora variationen som finns och att de kan belasta flera aktörer i försörjningskedjan.

### 2.3.5 Kostnader för olika tidsperioder

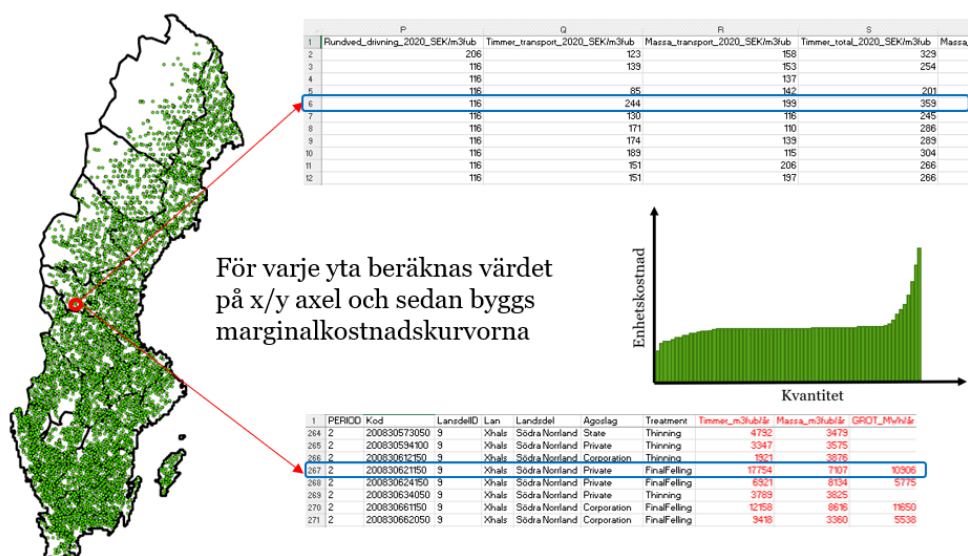
För dagens situation (2020–2024) används kostnader för 2020 års prisnivå och ett dieselpris på 14,47 kr/l vid pump, medan det på kort sikt (2030–2034) och lång sikt (2040–2044) antas att dieselpriset ökar till 30 kr/l. Ökningen i dieselpriset hanteras som ett tillägg med hjälp av bränsleförbrukningsdata för avverkning och skotning av rundvirke (Eliasson 2023), skotning av grot (von Hofsten & Eliasson 2016), flisning av grot (Lombardini m.fl. 2013) och vidaretransport (Fjeld m.fl. 2021). Andra fasta och rörliga kostnader som tillkommer (som till exempel räntor, försäkring, smörjmedel, däck, service och personal) behålls oförändrade mellan analysperioder. På kort och lång sikt antar kalkylerna att elpriset för tågtransporter ökar i samma takt som dieselpriset.

### 2.3.6 Omräkningstal

I SKA15 redovisas volymer av timmer och massaved i m<sup>3</sup>fub, medan grotvolymer redovisas i m<sup>3</sup>f och ton torrsbstans (TS). För rundvirkestransporter används omräkningstal från Biometria (2021) för att omvandla från m<sup>3</sup>fub till ton, specifikt för sortiment, trädslag och område. För grot användes verktyget WeCalc (Nylinder & Kockum, 2016) och antagandet av 45 procent fukthalt och 2,5 procent askhalt i flisad grot, vilket ger ett energivärde på 4,812 MWh/ton TS.

## 2.4 Plottning av marginalkostnadskurvor

För varje volym som produceras vid varje utbudspunkt (provyta) beräknas de ingående kostnadskomponenterna och summeras till en total enhetskostnad, antingen i kr/m<sup>3</sup>ub för timmer och massaved eller i kr/MWh för grot (Figur 5). Sedan sorteras utbudspunkter från lägst till högst enhetskostnad. Enhetskostnaden (y-axeln) och den kumulativa volymen timmer, massaved eller grot (x-axeln) plottas ut och bygger upp en kurva. Alternativt kan den kumulativa volymen beräknas vid fasta värden för enhetskostnaden. De volymer från trakter med totalt sett bäst förutsättningar hamnar längst till vänster, medan de mer utmanande trakterna hamnar längst till höger.



Figur 5. Konceptuell plottning av marginalkostnadskurvor.

## 3. Resultat och diskussion

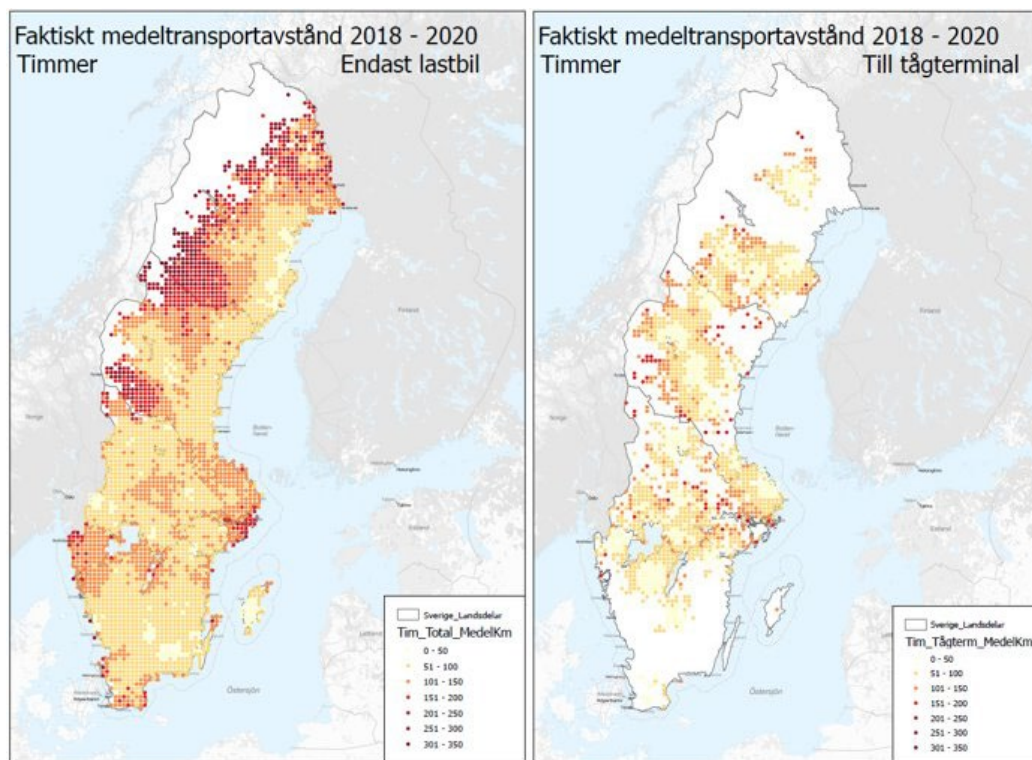
### 3.1 Destinering – vart ska den skogliga råvaran?

En viktig del i framtagandet av marginalkostnadskurvorna var att destinera biomassan på ett realistiskt sätt och indikera hur långt den ska transporteras (se avsnitt 2.2.). Detta krävdes för att möjliggöra beräkningar av realistiska transportkostnader. Nedan följer de heatmaps som togs fram och som indikerar hur långt, i medeltal, biomassan från varje 10 × 10 km ruta transporterades under perioden 2018–2020. Det var tydligt att de geografiska förutsättningarna inte bara skiljer sig åt mellan olika sortiment, utan också mellan olika regioner, vilket motiverar att även analysera det regionala perspektivet i denna studie. Kalkylerna antar att biomassan kommer att transporteras med ungefär samma transportmönster under perioderna 2020–2024, 2030–2034 och 2040–2044. Däremot om förändringar i framtidens industrilandskap sker, till exempel förändrad efterfrågan hos befintliga industrier eller nya industrietableringar, så kan transportavstånden komma att förändras.



### 3.1.1 Timmer

För timmer är det generellt sett en fallande skala i medeltransportavstånd, från de längsta avstånden i Norrland till kortare avstånd i Svealand och Götaland (Figur 6, Tabell 3). I Norrland finns många av industrierna längs med kusten (Skogsindustrierna 2023) vilket gör att avstånden från inlandet också blir relativt långt. I Svealand och Götaland är sågverken utspridda över landskapet, vilket förklarar de generellt kortare medeltransportavstånden. Endast en liten del (tre procent) av allt timmer som transporteras i Sverige går via tågterminaler.



**Figur 6.** Heatmaps för timmer med de faktiska medeltransportavstånden för transporter direkt till industri (till vänster) eller via en tågterminal (till höger).

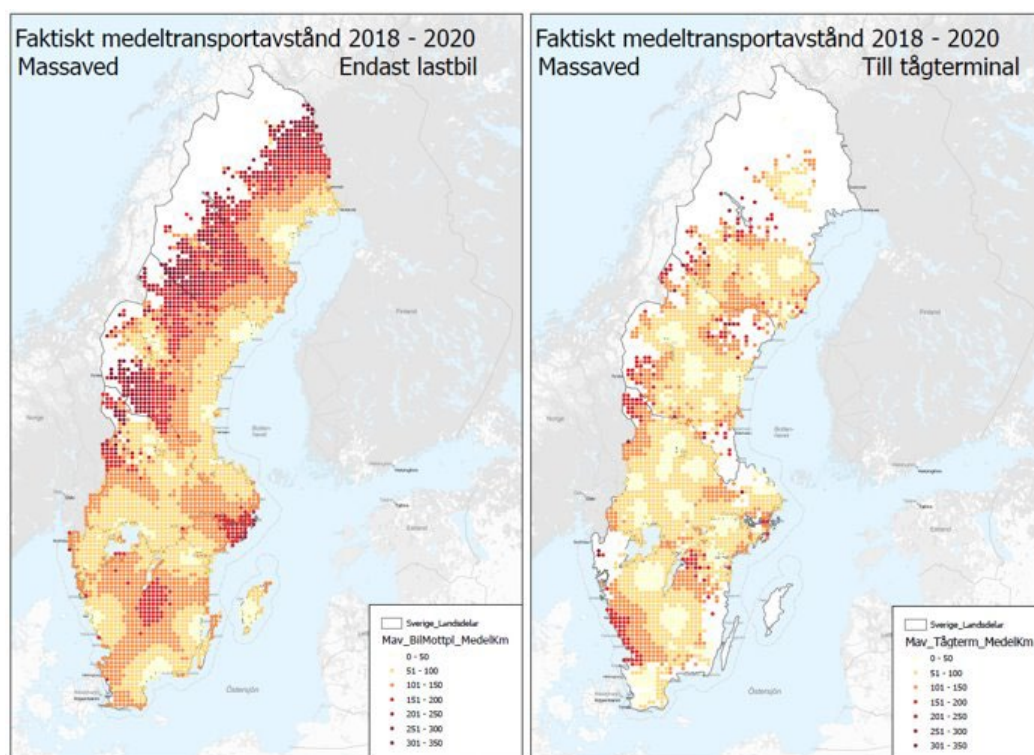
**Tabell 3.** Medeltransportavstånd för väg- och tågtransporter av timmer, och fördelning av volymen som går direkt, alternativt via en tågterminal. "Direkt" avser avstånd från skog till industri med lastbil; "Till tågterminal" avser avstånd från skog till tågterminal med lastbil; "Tåg" avser järnvägsavstånd från tågterminal till industri".

	Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland	Sverige
Direkt (endast lastbil)	109 km	104 km	91 km	80 km	92 km
Till tågterminal	64 km	57 km	60 km	56 km	59 km
Tåg	625 km	207 km	415 km	210 km	234 km
Volym direkt	96 %	95 %	98 %	98 %	97 %
Volym via tågterminal	4 %	5 %	2 %	2 %	3 %



### 3.1.2 Massaved

Även för massaved skiljer Norrland ut sig med de längsta transportavstånden (Figur 7, Tabell 4). Den generella industristrukturen med massabruk utefter kusterna (Skogsindustrierna 2023) ger längre avstånd i södra Sveriges inland och Norrlands inland. För massaved går en större andel (18 procent av volymen) via tågterminaler i jämförelse med timmer som nästan uteslutande (97 procent av volymen) transporteras direkt till industri. Det blir också tydligt att terminalstrukturen kompletterar flödesmönstren för direkttransporter. Om industriförutsättningarna ger långa avstånd från vissa områden finns ofta ett flöde via tågterminal därifrån som komplement.



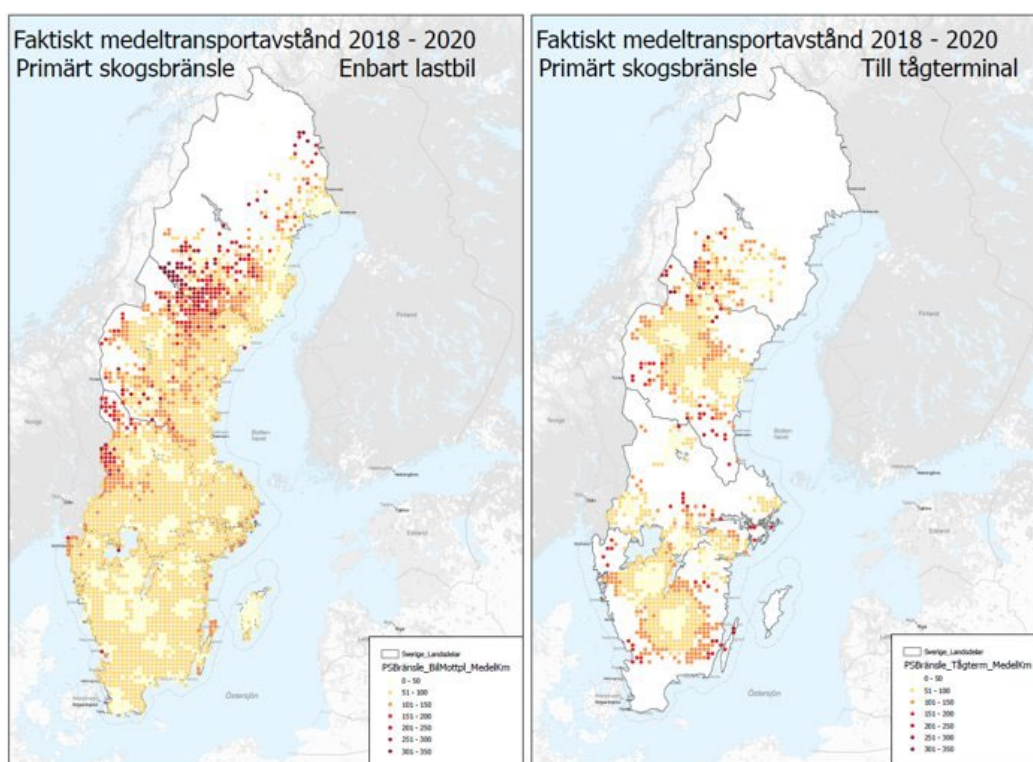
**Figur 7.** Heatmaps för massaved med de faktiska medeltransportavstånden för transporter direkt till industri (till vänster) eller via tågterminal (till höger).

**Tabell 4.** Medeltransportavstånd för väg- och tågtransporter av massaved, och fördelning av volymen som går direkt alternativt via tågterminal.

	Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland	Sverige
Direkt (endast lastbil)	128 km	102 km	94 km	95 km	102 km
Till tågterminal	70 km	66 km	61 km	58 km	64 km
Tåg	386 km	240 km	363 km	257 km	284 km
Volym direkt	82 %	74 %	76 %	92 %	82 %
Volym via tågterminal	18 %	26 %	24 %	8 %	18 %

### 3.1.3 Primärt skogsbränsle

För primärt skogsbränsle är avstånden som körs idag (i genomsnitt 61 km för direkta lastbilstransporter) generellt sett mycket kortare än för timmer och massaved (Figur 8, Tabell 5). Det är en mer lågvärdig produkt med små ekonomiska marginaler som har svårt att bära för långa transportavstånd. Dessutom finns kunderna på energimarknaden relativt utspridda, åtminstone i Svealand och Götaland (Bioenergitidningen 2021, 2022). I Norrland koncentreras de stora förbrukarna av primära skogsbränslen längs kusten. I Norrland, där nästan ingen grot tagits ut under de senaste åren, var dataunderlaget för att analysera transporter litet. Därför förekommer stora vitfärgade områden i Figur 8, framför allt i Norra Norrland och Södra Norrlands inland, vilket betyder att ingen nämnvärd transport av primärt skogsbränsle förekom under 2018–2020.



**Figur 8.** Heatmaps för primärt skogsbränsle med de faktiska medeltransportavstånden för transporter direkt till industri (till vänster) eller via tågterminal (till höger).

**Tabell 5.** Medeltransportavstånd för väg- och tågtransporter av primärt skogsbränsle, och fördelning av volymen som går direkt alternativt via tågterminal.

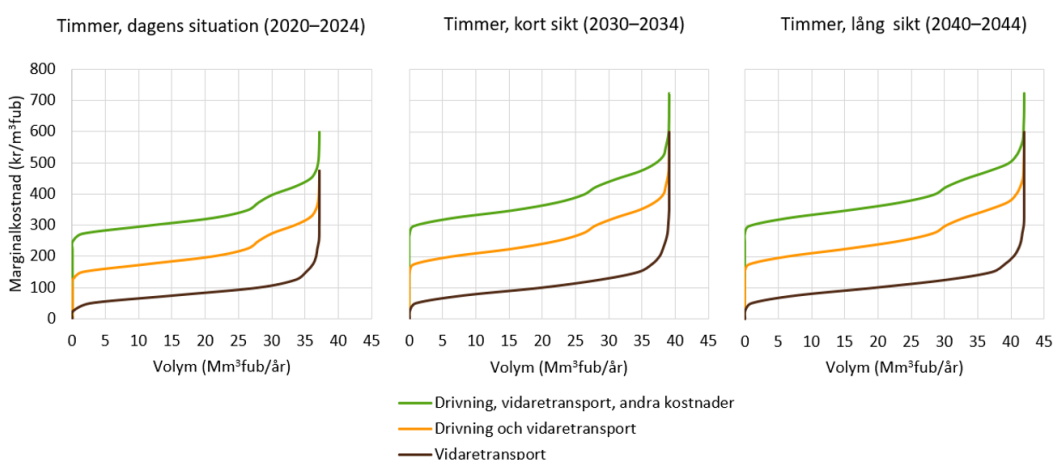
	Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland	Sverige
Direkt (endast lastbil)	64 km	75 km	63 km	57 km	61 km
Till tågterminal	95 km	60 km	66 km	65 km	63 km
Tåg	327 km	303 km	328 km	350 km	326 km
Volym direkt	93 %	85 %	99 %	98 %	97 %
Volym via tågterminal	7 %	15 %	1 %	2 %	3 %

### 3.2 Nationella marginalkostnadskurvor

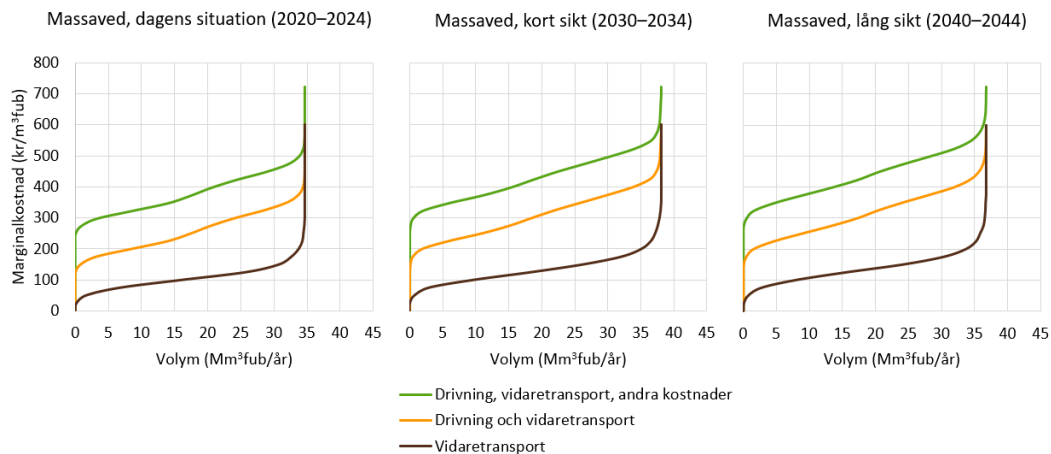
De nationella marginalkostnadskurvorna för timmer, massaved och grot presenteras i Figur 9–11 för samtliga analysperioder: dagens situation (2020–2024), kort sikt (2030–2034) och lång sikt (2040–2044). Figurerna visar att marginalkostnaden ökar med ökad volym, eftersom man då måste hämta råvaran från trakter med sämre förutsättningar. Det finns stora skillnader i vad som krävs för att få rundvirket till en mottagare och de kostnader som är förknippade med dessa aktiviteter. När det gäller grot koncentreras uttaget till trakter med goda förutsättningar att ge ett positivt netto. Det vill säga i slutavverkningar som ger stora mängder grot per ha, som är relativt nära förbrukare och med korta skotnings- och flyttavstånd.

År 2020 var nettoavverkningen av timmer 37,2 miljoner m<sup>3</sup>fub (99,5 procent av volymen barrträd och 0,5 procent lövträd). Motsvarande siffra för massaved av barr- och lövträd var 31,5 miljoner m<sup>3</sup>fub (Skogsstyrelsen 2023). Detta innebär att idag avverkas i stort sett den hållbara potentialen av timmer (Figur 9) och en stor del av potentialen massaved (Figur 10). Det finns därför inte mycket marginal att öka avverkningsnivåerna den närmaste framtiden, om inte åtgärder vidtas för ökad tillväxt. I SKA22 (Skogsstyrelsen 2022) bedöms att det kan finnas utrymme att öka avverkningen av rundvirke med cirka 6 miljoner m<sup>3</sup>fub per år fram till 2035, huvudsakligen av lövträd i norra Sverige. Den senaste statistiken från Riksskogstaxeringen (Roberge m.fl. 2023) bekräftar rekordnivåer på avverkningen, men också att tillväxttakten har ökat något och en fortsatt svag ökning av virkesförrådet.

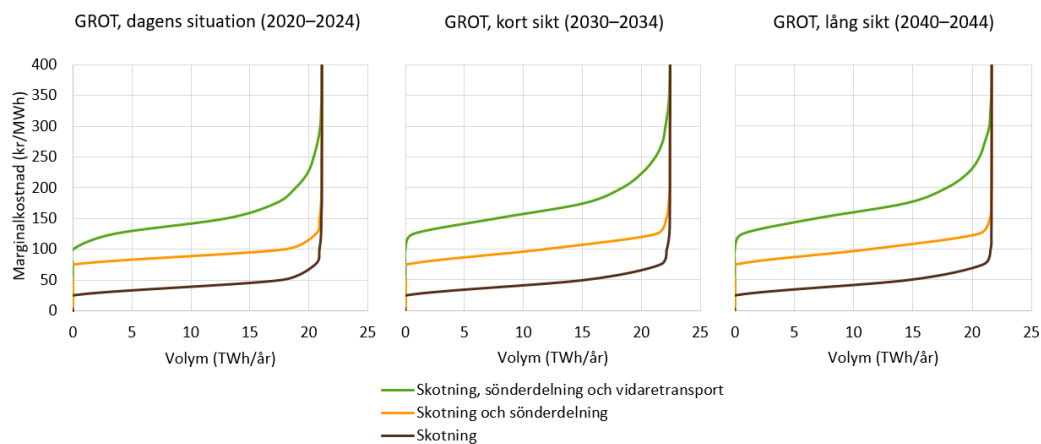
Situationen för grot är dock helt annorlunda jämfört med timmer och massaved, och det finns goda möjligheter att öka uttaget. Enligt Figur 11 är den ekologiska grotpotentialen i storleksordningen 21 TWh per år under perioden 2020–2044. För år 2020 togs endast 7,8 TWh ut (Energimyndigheten 2022), motsvarande 37 procent av potentialen. Motsvarande siffra för år 2021 var 9,3 TWh (44 procent av potentialen). Nyare siffror från SKA22 (Skogsstyrelsen 2022) visar en ekologisk potential på i storleksordningen 24 TWh per år fram till 2035. Prognosen för marginalkostnaden vid ett grotuttag om cirka 8 TWh per år (Figur 11) validerades med statistik för år 2020, då kostnaden för flisproduktion i genomsnitt var 138 kr per MWh, enligt Eliasson (2021b). I genomsnitt stod skotning för 31 procent av kostnaden, sönderdelning för 35 procent och vidaretransport för 34 procent.



Figur 9. Nationella marginalkostnadskurvor för timmer.



Figur 10. Nationella marginalkostnadskurvor för massaved.

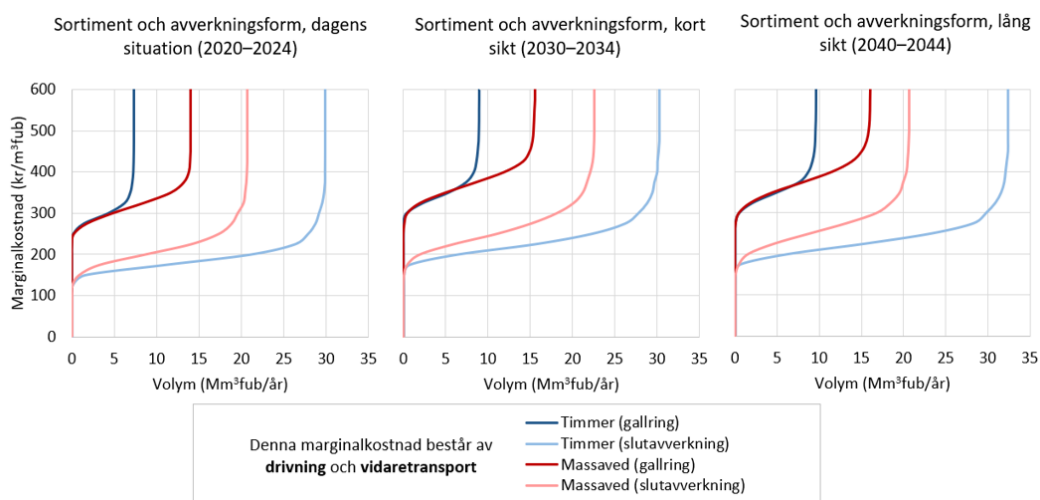


Figur 11. Nationella marginalkostnadskurvor för grot.

### 3.2.1 Marginalkostnadskurvor per avverkningsform

Figur 12 presenterar marginalkostnadskurvor för timmer och massaved uppdelat per avverkningsform. Vid gallring faller normalt sett större volymer massaved ut än timmer, medan vid slutavverkning är volymen timmer större än massaved. De klenare medelstamvolymererna och det lägre uttaget per hektar vid gallring jämfört med slutavverkning ger dyrare drivningskostnader (Tabell 1) och högre marginalkostnader. Detta som en följd av en lägre maskinprestation vid gallring än i slutavverkning (både vid avverkning och skotning) (Brunberg 2017).

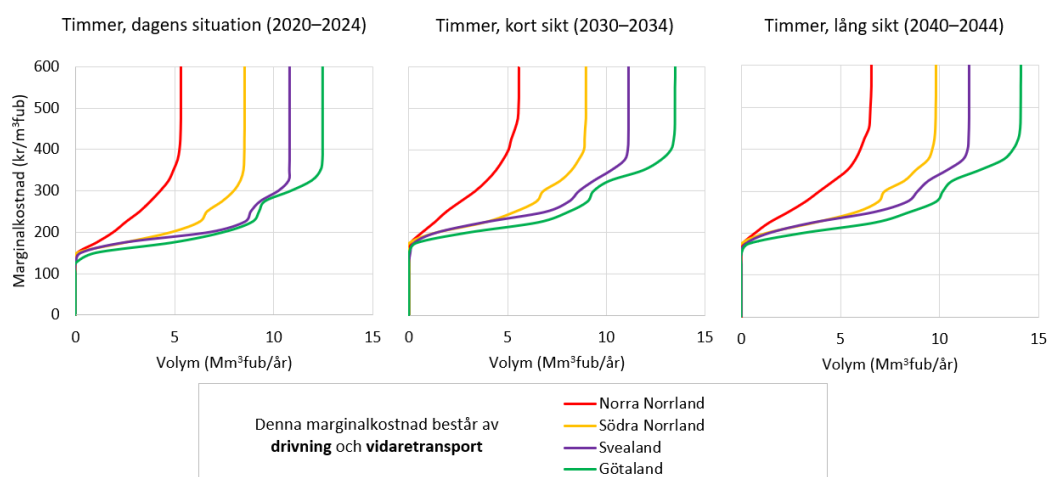
I Figur 9–10, som blandar volymer från gallring och slutavverkning, kommer många slutavverkningar att hamna längre till vänster i kurvan ("de lägst hängande frukterna" som visas i Figur 12), medan många gallringar kommer att hamna längre till höger. Vid trakthygesbruk är gallring och slutavverkning inte oberoende av varandra utan de ingår i ett system av skötselåtgärder som en markägare tänker sig genomföra för att optimera målsättningarna med sitt skogsbruk och skogsägande. Gallringar genomförs trots att de är dyrare än slutavverkningar, eftersom de är en investering i det framtida beståndet och kan dessutom ge ett positivt netto under tiden beståndet växer till förnygringsålder.



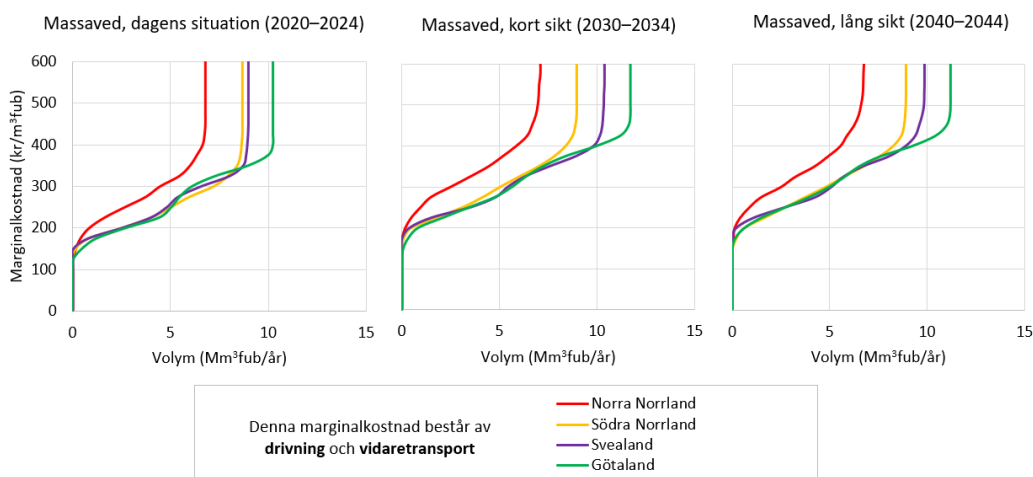
Figur 12. Nationella marginalkostnadskurvor för timmer och massaved, per avverkningsform.

### 3.3 Regionala marginalkostnadskurvor

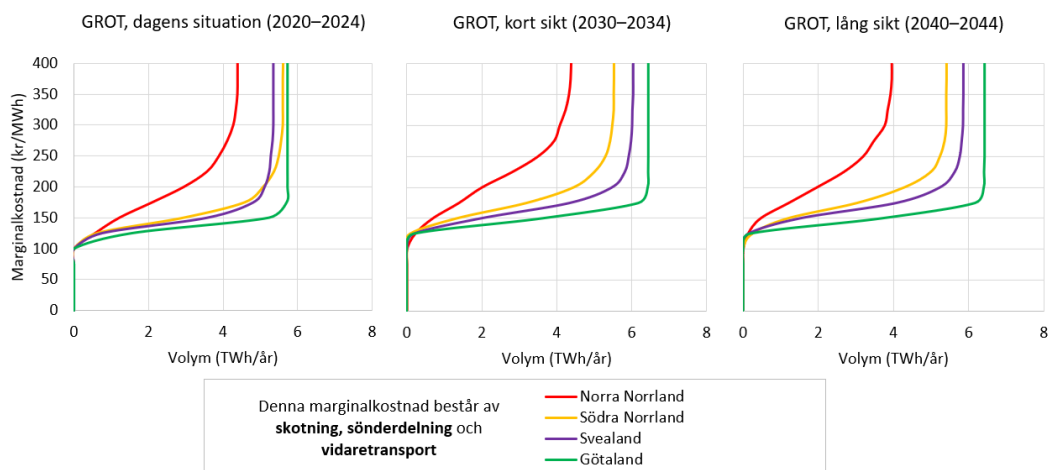
När man tittar på de regionala marginalkostnadskurvorna för timmer (Figur 13), massaved (Figur 14) och grot (Figur 15) framkommer stora skillnader mellan de olika regionerna. Skillnaderna i potentialer förklaras av att de skogliga förutsättningarna skiljer sig, till exempel arealen produktiv skogsmark, virkesförråd, tillväxt, tillstånd och förväntat brukande. Skillnaderna i kostnader förklaras av att 1) medelstamvolym och uttag per ha vid slutavverkning ökar från norr till söder, 2) industrilandskapet ser olika ut i de olika regionerna, och 3) infrastrukturförutsättningarna skiljer sig åt. Dessa resulterar i längre avstånd mellan avlägg i skogen och mottagare i norra än södra Sverige (Figur 6–8 och Tabell 3–5). Terrängtransportavståndet ökar också från norr till söder (Brunberg 2017). Dessa faktorer förklarar de generellt högre marginalkostnaderna för skoglig biomassa i Norrland jämfört med Svealand och Götaland.



Figur 13. Regionala marginalkostnadskurvor för timmer.



**Figur 14.** Regionala marginalkostnadskurvor för massaved.



**Figur 15.** Regionala marginalkostnadskurvor för grot.

### 3.4 Generell metoddiskussion

Heatmaps och marginalkostnadskurvorna för dagens situation (2020–2024) är avsedda att presentera en bra modell av nuläget, då vi har haft tillgång till data för att beskriva och kvantifiera hur råvaruförsörjningen och industrilandskapet ser ut idag. Kurvorna kan också användas för prognoser och scenarioanalyser av framtida biomassatillämpningar, som vi har gjort på kort (2030–2034) och lång sikt (2040–2044). På en strategisk nivå kan marginalkostnadskurvorna ge stöd för planering och beslutsfattande. Men skulle man zooma in till beståndsnivå skulle dock osäkerheterna öka. Osäkerheten minskar när man zoomar ut och behåller en aggregerad detaljnivå. Detta på grund av att provytorna från Riksskogstaxeringen som används i SKA15 representerar skogstillståndet av relativt stora arealer med hög noggrannhet, vilket innebär att volymprognoserna från SKA15 fungerar bäst på en aggregerad nivå som län, landsdel eller riksnivå.



### 3.5 Osäkerheter kring biomassamobilisering

På längre tidshorisont finns dock risken att kunskapen och dataunderlaget som kurvorna bygger på succesivt blir utdaterat. Risken för stora förändringar och osäkerheten på biomassatillgång (skötselsystem, skador, osv.), maskinsystem, infrastruktur och industrilandskap ökar med tiden.

Nya industrietableringar kan ändra efterfrågan på den skogliga biomassan och därmed transportavstånden i heatmaps. Det är dock, å andra sidan, inte osannolikt att en ny typ av industri eller biomassa-användning ändå kommer att "kroka arm" med dagens etablerade skogsindustrier i ett så kallat *joint venture*. Om man försöker dra nytta av redan etablerad infrastruktur och bygga på synergier med dagens system kan utarbetade heatmaps ändå vara ett bra stöd kring framtida biomassa-användning. I denna studie antog vi att man hanterar biomassan på ett liknande sett som idag fram till 2044. Om stora förändringar sker, till exempel en storskalig elektrifiering av skogstransporterna, kommer kostnadskomponenterna också förändras. En sådan förändring kan också påverka hur företagen tänker kring flödesområden och så vidare.

Implementering av alternativa skogsbruksmetoder till det dominerande trakthyggesbruket kan förändra dagens flöden och försörjningskostnader. I denna studie har vi använt oss av resultat från "Dagens skogsbruk" på SKA15, men det finns andra scenarier att tillgå som antar en minskad avverkning och en ökning av arealen naturvårdsavsättningar.

Beräkningarna antar att markägaren är villig att mobilisera biomassan vid "rätt" tidpunkt och att det finns obegränsat med entreprenörer att utföra arbetet. Men det är inte säkert att den enskilde markägaren avverkar när analyserna tror att den gör det. I praktiken är det många olika faktorer som påverkar den enskildes avverkningsbeslut och enbart en kostnadstäckning räcker inte, utan det kan behövas en bra lönsamhet och andra skäl. Dessutom finns osäkerheter kring hur markägarna kommer att prioritera olika mål för sitt skogsägande, och dessa värderingar kommer förmodligen ändras med tiden.

### 3.6 Skillnader mellan analysperioder

De olika analysperioderna visade relativt små skillnader i biomassapotentia, vilket förklaras av de små skillnaderna i grunddatat från SKA15 (Figur 9–15). De skillnader som finns beror på att skogens tillstånd förändras, men kan också vara en följd av klimatförändringarna som simuleras i scenariot "Dagens skogsbruk", som leder till en längre växtsäsong och tillväxt. Samtidigt leder ett varmare klimat till ökade risker för många typer skador och detta simulerades däremot inte.

För att underlätta jämförelser mellan perioderna ändrade vi enbart på dieselpriset (och elpriset för tågtransporter) och behöll allt annat oförändrat. Fördubbling av dieselpriset (från cirka 15 kr/l till 30 kr/l vid pump) ökade marginalkostnaden markant när man jämför dagens situation med kort och lång sikt (se Figur 9–11). Vid dagens uttag, ökade marginalkostnaden för grot med cirka 12 procent (Fernandez-Lacruz m.fl. 2023). Förändrade elpriser har en begränsad effekt på marginalkostnadskurvorna eftersom de endast påverkar en liten procent av transportkostnaden, då bara en liten del av all skoglig biomassa transporteras med tåg (Tabell 3–5). Detta kan komma att ändras i framtiden genom förändringar i infrastruktur som kan möjliggöra en större användning av järnvägsterminaler för långväga transporter, en elektrifiering av vägtransporter och även av andra led av försörjningskedjan.



Omvärldsläget, som Coronapandemin och den pågående energikrisen som en följd av kriget i Ukraina, kan snabbt påverka många av kostnadskomponenterna i kalkylerna, vilket gör det svårt att göra prognoser på längre sikt. I verkligheten finns en del andra faktorer (utöver drivmedelspriser) som har lett till kostnadsökningar vid försörjningen av rundvirke och skogsbränsle, och som inte har tagits med i våra analyser. Till exempel komponentbrist och långa ledtider på reservdelar, brist på arbetskraft, höga räntor och en ökning av antalet försvårade avverkningar i skadad skog.

### 3.7 Möjligheter för grot

Den stora förändringen som rimligen kommer att ske i närtid är att grotverksamheten återetableras i Norrland och expanderas i södra Sverige. Figur 11 och Figur 15 visar att det finns en stor outnyttjad potential att ta ut mer grot till rimliga kostnader för en industrianvändare som ser ett värde i groten. Men för att återetablera verksamheten krävs det att entreprenörer vågar investera i maskiner, hittar personalresurser och bygger upp affärsrelationer igen för välfungerande försörjningskedjor. Med hjälp av siffrorna på hur mycket grot som lämnas kvar i skogen (Parklund 2023), uppskattades att i norra Norrland användes bara 1 procent av grotpotentialen, medan motsvarande siffra var 7 procent för södra Norrland, 48 procent för Svealand och 83 procent för Götaland.

Efterfrågan på inhemska bränslen (som grot) kommer att öka om det sker förändringar i bränslemixen i dagens värme- och kraftvärmeverk. Skogsindustrins biprodukter i bränslemixen såsom sågspån kan komma att allokeras om till andra tillämpningar som tillverkning av pyrolysolja, biokol och syngas (Eriksson och Parklund 2023). Idag ser sig många värmekunder om efter hållbara inhemska bränslen som kan vara stabilt tillgängliga över tid till följd av ett ökat fokus på nationell försörjningstrygghet. Det kan vara riskabelt att i för hög grad vara beroende av importerade bränslen.

## Slutsatser

- Förutsättningarna för att leverera skoglig biomassa skiljer sig mellan olika delar av landet. Skillnaderna ligger både i de skogliga förutsättningarna och i hur industrilandskapet och infrastrukturen ser ut i Sveriges landsdelar.
- Det högre dieselpriset påverkade utseendet av marginalkostnadskurvorna avsevärt från dagens situation till kort och lång sikt, och innebär att marknaden måste vara beredd att betala mer för råvaran i framtiden.
- Framtiden är dock alltid förknippad med osäkerheter. Bland annat finns det osäkerheter kring om vi kommer att bruka skogen på samma sätt som idag och hur det nya skogsbruket kommer att se ut, samt om vi fortsatt kommer hantera och transportera den skogliga biomassan så som vi gör idag.
- Om mer biomassa ska mobiliseras till någon tillämpning är groten ett bra alternativ då det finns stora mängder outnyttjade volymer som teoretiskt sett kan levereras till konkurrenskraftiga kostnader. De största outnyttjade volymerna finns i Norrland.
- Den största delen av den hållbara avverkningspotentialen för timmer och massaved i den svenska skogen används redan idag, och det finns lite utrymme att öka avverkningsnivåerna om inte åtgärder vidtas för ökad tillväxt.

# Referenser

- Bioenergitidningen. 2021. Bioenergis karta ”Biovärme 2021”. Tillgänglig:  
[https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2021/03/Biova%CC%88rmekartan\\_2021.pdf](https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2021/03/Biova%CC%88rmekartan_2021.pdf) [2023-06-29]
- Bioenergitidningen. 2022. Bioenergis karta ”Biokraft i Sverige 2022”. Tillgänglig:  
<https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2023/05/biokraftkartan2022.pdf> [2023-06-29]
- Biometria. 2021. VIOL Koder. Versionsnummer 9.5. Senast uppdaterad: 2021-09-15.
- Biometria. 2022. Vägval och transportavstånd. Tillgänglig:  
<https://www.biometria.se/tjaenster/transport/kroent-vaegval-och-skogsbilvaegar/vaegval-och-transportavstaand/> [2023-06-29]
- Brunberg, T. & Eliasson, L. 2013. Underlag för produktionsnorm för grotskotare. Skogforsk kunskapsartikel 45-2013. Tillgänglig:  
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2013/Underlag-for-produktionsnorm-for-grotskotare/> [2023-06-29]
- Brunberg, T. 2014. Skogsbränslets metoder, sortiment och kostnader 2013. Skogforsk kunskapsartikel 74-2014. Tillgänglig:  
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Skogsbranslets-metoder-sortiment-och-kostnader-2013/> [2023-06-29]
- Brunberg, T. 2017. Produktiviteten vid drivning 2008 – 2016. Skogforsk kunskapsartikel 67-2017. Tillgänglig:  
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2017/produktiviteten-vid-drivning-2008---2016/> [2023-06-29]
- Claesson, S., Lundström, A., & Wikberg, P. E. 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015-SKA 15. Skogsstyrelsen.
- Drivkraft Sverige. 2023. Priser. Utveckling av försäljningspris för bensin, dieselbränsle och etanol – per år. Tillgänglig: <https://drivkraftsverige.se/statistik/priser/> [2023-06-29]
- Drott, A., Anderson, S., Eriksson, H. 2019. Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder. Vägledning. Rapport 2019/14. Skogsstyrelsen.
- Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av grot direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring. Effekter på näringsuttag, barravfall och fukthalt. Skogforsk arbetsrapport 878-2015. 18 s.
- Eliasson, L. 2021a. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2020. Skogforsk kunskapsartikel 65-2021. Tillgänglig:  
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2021/skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2020/> [2023-06-29]
- Eliasson, L. 2021b. Kostnader för grothantering 2020. Skogforsk kunskapsartikel 102-2021. Tillgänglig:  
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2021/kostnader-for-grothantering-2020/> [2023-06-29]

- Eliasson, L. 2023. Bränsleförbrukningen vid drivningsarbete under 2021. Skogforsk kunskapsartikel 12-2023. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2023/bransleforbrukningen-vid-drivningsarbete-under-2022/> [2023-06-29]
- Energimyndigheten. 2022. Produktion, import och export av oförädlade träbränslen. Produktion av primära skogsbränslen av inhemskt ursprung, GWh. Tillgänglig: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/produktion-import-och-export-av-oforadlade-tradbranslen/> [2023-06-29]
- Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. Skogforsk arbetsrapport 99-2009. 32 s.
- Eriksson, A. & Parklund, T. 2023. Kan spån bidra till att Sverige blir världens första fossilfria välfärdsland? Skogforsk kunskapsartikel 41-2023. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2023/kan-sagspan-bidra-till-att-sverige-blir-varldens-forsta-fossilfria-valfardsland/> [2023-08-02]
- Fernandez-Lacruz, R., Eriksson, A., Parklund, T., Davidsson, A. & Eliasson, L. 2023. Vad kostar det att ta ut mer biobränsle från skogen? Skogforsk kunskapsartikel 11-2023. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2023/vad-kostar-det-att-ta-ut-mer-skogsbiobransle/> [2023-06-29]
- Fjeld, D., Väätäinen, K., von Hofsten, H., Noreland, D., Callesen, I. & Lazdins, A. 2021. A common Nordic-Baltic costing framework for road, rail and sea transport of roundwood. NIBIO Rapport vol. 7 nr. 8.
- Fossilfritt Sverige. 2023. Nationellt initiativ för att göra Sverige till världens första fossilfria välfärdsland. Tillgänglig: <https://fossilfritt Sverige.se/> [2023-06-29]
- Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC – Prestation of bränsleförbrukning. Skogforsk arbetsrapport 793-2013. 16 s.
- Naturvårdsverket. 2023. Industri, utsläpp av växthusgaser. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/> [2023-06-29]
- Noreland, D. 2020. HCT-fordon för rundvirkesvirkestransporter. Är det en lönsam investering? Skogforsk arbetsrapport 1065-2020. 27 s.
- Nylinder, M., & Kockum, F. 2016. WeCalc – räkna på skogsbränsle. Ed: Wilhelmsson, L. Skogforsk. Uppsala. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/wecalc/> [2023-06-29]
- Parklund, T. 2023. Hur mycket grot lämnas kvar i skogen? Skogforsk kunskapsartikel 22-2023. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2023/hur-mycket-grot-lamnas-kvar-i-skogen/> [2023-06-29]
- Roberge, C., Nilsson, P., Wikberg, P-E., & Fridman, J. 2023. Skogsdata 2023: Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Tema: Gammal skog enligt miljömålsdefinitionen – vad kännetecknar den och var finns den?. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- SCB. 2023. Elpriser och elavtal. Genomsnittliga priser på el, hushåll och icke hushåll 2014-. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/prisutvecklingen-inom-energiomradet/elpriser-och-elavtal/> [2023-06-29]

- Skogsindustrierna. 2022. Ekonomisk betydelse och välfärd. Tillgänglig:  
<https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/ekonomisk-betydelse-och-valfard/> [2023-06-29]
- Skogsindustrierna. 2023. Här finns våra medlemmar. Tillgänglig:  
<https://www.skogsindustrierna.se/om-oss/medlemmar/karta/> [2023-06-29]
- Skogsstyrelsen. 2015. Skogliga konsekvensanalyser (SKA15). Tillgänglig:  
<https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogliga-konsekvensanalyser/skogliga-konsekvensanalyser-2015/> [2023-06-29]
- Skogsstyrelsen. 2022. Skogliga konsekvensanalyser (SKA22). Tillgänglig:  
<https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogliga-konsekvensanalyser/> [2023-06-29]
- Skogsstyrelsen. 2023. 01 Brutto- och nettoavverkad volym (milj. m<sup>3</sup>sk och m<sup>3</sup>fub) efter sortiment och år. Skogsstyrelsens statistikdatabas. Avverkning. Tillgänglig:  
[http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas\\_\\_Avverkning/JO0312\\_01.px/](http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas__Avverkning/JO0312_01.px/) [2023-06-29]
- Svebio, 2020. Färdplan bioenergi - Så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige. Tillgänglig: <https://www.svebio.se/wp-content/uploads/2020/03/Svebio-Färdplan-Bioenergi-2020.pdf> [2023-06-29]
- von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. Skogforsk arbetsrapport 897-2016. 14 s.
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L. O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klintebäck, F. 2011. The Heureka forestry decision support system: an overview. *International journal of mathematical and computational forestry & natural-resource sciences*. 3:2, 87-95.