



Den svenska skogen, energin och koldioxiden

Detta dokument har producerats av Energiutskottet som tillhör Kungl. Vetenskapsakademien. Det speglar Energiutskottets uppfattning och skall inte ses som ett uttalande eller ställningstagande av Kungl. Vetenskapsakademien.



Summary

The Nordic forests amount to about half of the total stock of the European Union. In Sweden forests is the most important renewable natural resource, with a yearly increment comparable with the yearly oil production in Norway (91 Mt, mega tons). According to available statistics, the growth during 2010 amounted to 85 Mt of dry matter of which the major part was felling rests (28 %) and an increased stock (24 %). Nearly half of the forests biomass is used for energy generation and industrial production. Enlargement of the forest stock and use of wood products buffering carbon make Swedish emissions of carbon dioxide fully compensated, which means that net emissions are negligible.

This report discusses in short Swedish forestry divided in four parts: energy generation, industrial products, felling rests (limbs, twigs, tree tops, stumps) which presently mainly are left in the forest, and the increased stock (carbon sink). The report is based on the detailed analyses of biomass flows in Swedish forests during 2004 made by Per Olov Nilsson. Translated to energy units the total forest biomass growth of 85 Mt amounted to 425 TWh, terawatt hours, about the same order as Swedish energy use during a year. The entire carbon uptake is equivalent to 155 Mt of carbon dioxide, which is three times larger than the yearly total emissions from fossil fuels in Sweden. The forests growth during 2004 and 2010 were about equal but the relative part of felling rests decreased while the energy generation from forest products increased substantially by 20 TWh.

Part of the accumulated carbon returns to the atmosphere relatively quick due to energy generation and paper/pulp production. Carbon dioxide emissions from felling rests stored in the forest take place by bacterial degradation within some decades, with a yearly quantity corresponding to the amount of carbon dioxide captured in the rests. Consequently, in an equilibrium state the felling rests are carbon dioxide neutral.

The demand felling rests in the production of second generation biofuels will probably increase as a result of the EU goal to reduce the use of food crops in biofuel production. However, it is important to carry through careful analyses of the carbon dioxide balance in connection with increased utilization of felling rests.

Assessments on optimal utilization of forest growth will be easier when more data than cubic meter exists. Cubic meter is an adequate unit for growth and felling, but on issues regarding energy generation and the forests role as a carbon sink the biomass should be expressed in energy units and carbon dioxide units of weight.



Sammanfattning

De nordiska skogarna utgör ca hälften av EU:s skogar och är Sveriges viktigaste förnybara resurs. Den årliga tillväxten av skogsbiomassa är jämförbar med Norges nuvarande årliga oljeproduktion på 91 megaton (Mt), som dock beräknas halveras inom ett par decennier. Utgående från tillgänglig statistik var skogstillväxten 2010 85 Mt torrsbstans, varav större delen utgjordes av avverkningsrester (28 %) och ökning av skogsförrådet (24 %). Nära hälften av skogsbiomassan går till energigenerering och industriproduktion. Ökning av skogsförrådet och utnyttjande av sågade trävaror som buffrar kol gör att de svenska fossila koldioxidutsläppen i princip är fullt kompenserade, så att nettoutsläppet är i det närmaste försumbart.

I föreliggande rapport diskuteras mycket översiktligt den svenska skogsproduktionen uppdelad på 4 element: energigenerering, industriella produkter, avverkningsrester (GROT, stubbar) som för närvarande till stor del är kvar i skogen, samt ökning av skogsförrådet (kolsänkan). Rapporten bygger främst på Per Olov Nilssons detaljerade analys av biomassaflöden i svensk skogsnäring för år 2004, året före stormen Gudrun som under flera år störde statistiken. Omräknat i energienheter svarade den under 2010 sammanlagda skogsbioamassatillväxten på 85 Mt mot ett energivärde på 425 terawattimmar (TWh), alltså av samma storleksordning som den årliga svenska energianvändningen. Det sammanlagda kolupptaget motsvarade 155 Mt koldioxid, vilket är ca 3 gånger så mycket som Sveriges årliga fossila utsläpp. Skogstillväxten 2004 och 2010 var ungefär lika stora, men den relativa andelen avverkningsrester hade minskat och energigenereringen från skogsråvara hade ökat väsentligt med ca 20 TWh.

Av det upplagrade kolet återgår en del relativt snabbt till atmosfären genom energigenerering tillsammans med den del av industriproduktionen som avser papper och pappersmassa. Utsläppen av koldioxid från den upplagrade mängden avverkningsrester sker inom några tiotal år genom bakteriell nedbrytning med en mängd som årligen svarar mot koldioxiden som infångats i dessa rester. I ett jämviktstillstånd är alltså avverkningsresterna koldioxidneutrala.

Intresset kommer sannolikt att öka för att utnyttja avverkningsrester för produktion av andra generationens drivmedel från skogscellulosa efter EU:s nyabeslut att 10 % målet för andelen biodrivmedel från matgrödor ska minskas. Sverige har i sin skogsråvara en stor resurs och ett gott utgångsläge genom de satsningar som gjorts, bl.a. på en demoanläggning i Piteå. Det är emellertid viktigt att en noggrann analys av koldioxidbalansen vid ökande uttag av avverkningsrester.

Uppgifter om skogstillväxten ges idag ofta i kubikmeter, som är en lämplig enhet för tillväxt och avverkning. Avvägningar mellan energigenerering och skogens funktion som kolsänka kommer att underlättas när skogsbiomassan uttrycks i energienheter och viktenheter koldioxid.

Rapporten sammanställdes av Sven Kullander och har efter hans bortgång slutförts av Energiutskottets arbetsgrupp bestående av:

Harry Frank, Dick Hedberg, Rickard Lundin och Elisabeth Rachlew



Inledning

Intresset för svensk skog har ökat markant i och med att biobränslen blivit en allt viktigare del i vår energiförsörjning. Skogsbioenergin står för merparten av bioenergitillförseln i Sverige och potentialen för ökande bidrag från skogen är mycket stor (Figur 1). Samtidigt utvecklas förnybara material och kemikalier baserade på skogscellulosa. Det blir en ökad konkurrens om skogsråvara med etablerade näringar specialiserade på sågade trävaror, pappersmassa och papper. Skogens roll som kolsänka är en ytterligare parameter som bör beaktas i de planerade framtida uttagen av skogsråvaran. I Sverige har upplagringen av kol ökat under en stor del av 1900-talet fram till idag då skogstillväxten är ca 20 % högre än uttaget av skogsråvara. Därigenom har utsläppen från användningen av fossila bränslen till en stor del kompenseras. Stora möjligheter finns att Sverige i en nära framtid kan nå noll nettoutsläpp av koldioxid om skogen tillåts få fortsätta ackumulera kol.

Skogsstyrelsen publicerar den årliga skogstillväxten och avverkningen i sina statistiska årsböcker. Den enhet som används är skogskubikmeter (m^3sk), volymen av stam inklusive bark ovanför stubbskäret (Figur 2, 3). Med undantag för några år på 1970-talet har den svenska skogstillväxten varit större än avverkningen under de senaste femtio åren. Det svenska skogsförrådet har därigenom ökat kraftigt och den svenska skogen har varit och är en betydande koldioxidsänka. Volymmått används vid försäljning av skogsråvara och för sågade trävaror. För energiproduktion är vikten torrsubstans den enhet som är bäst lämpad. När det gäller överväganden om kolsänkan är vikten kol alternativt den vikt av koldioxid som bildas vid förbränning den enhet som lämpar sig bäst för diskussion om klimateffekter och för värderingar av skogens kollagringspotential.

Utöver stam och bark ovanför stubbskäret tillkommer en stor del biomassa från grenar och stubbar. Noggranna viktbestämningar av dessa träddeklar för gran, tall och björk har genomförts under ledning av Lars Gunnar Marklund i fältförsök under 1980-talet. Från dessa fältförsök har han genom regressionsanalys kunnat ställa upp allmänna funktioner som ger viktmängden av grenar och stubbar som funktion av ett träds diameter och längd. Den relativa andelen biomassa i grenar och stubbar varierar typiskt mellan 20 och 40 %, avtagande med större träd.

Överväganden som rör energi och kolupptag måste inkludera grenar och rötter som alltså står för en betydande del av skogens totala biomassa. Per Olov Nilsson har utnyttjat Marklunds funktioner i ett banbrytande arbete från 2006 och beräknat den svenska skogstillväxten 2004 uttryckt i viktenheter torrsubstans. Han har bearbetat data från Riskskogstaxeringen och SDC, Skogsnäringsens IT företag, för att specificera hur skogen utnyttjats för olika ändamål. Med de skattade värdena för skogstillväxten 2004 som fanns vid tiden för Nilssons arbeten blev totala skogstillväxten 2004 76 miljoner ton torrsubstans (Mts) varav 15,9 miljoner ton användes för energigenerering.

Biomassafunktioner för gran, tall och björk

Biomassafunktioner som bestämts vid institutionen för skogstaxering vid SLU i Umeå under åren 1981–1988 återfinns i rapport nr 45 (Marklund 1988) och en detaljredovisning av material och metoder är publicerad i rapport nr 43 (Marklund 1987). Studien syftade till att utveckla biomassa-funktioner så att mängden biomassa (torrvikt) ska kunna uppskattas för olika delar av ett träd. Studien omfattar trädslagen tall, gran och björk och den täcker hela Sverige. Studien inbegriper stamved och stambark från stubbskär till topp, levande grenar längre än 10 cm, grenaxlar, barr, stubbe och rötter; dock ej finrötter som blivit kvar i marken,

Materialet som ligger till grund för funktionerna samlades in under åren 1983 – 1985 från provytor och fällda provträd från bestånd inom Domänverkets indelningsregister. Uppgifter från 131 bestånd spridda över hela Sverige hade valts ut med god spridning på beståndsålder och bonitet (Figur 4, 5).

Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004

Per Olov Nilsson har i en rapport publicerad 2006 analyserat biomassaflödena i svensk skogsnäring år 2004 utgående från vikten torrsbstans (Figur 6). I rapporten har publicerade angivna kubikmetrar för såväl tillväxt (preliminära data) som avverkning det aktuella året omvandlats till vikt mängd torrsbstans med hjälp av kända densiteter för olika trädslag. Mängden avverkningsrester (GROT och stubbar) har uppskattats med hjälp av Marklunds biomassa-funktioner för tall, gran och björk. Hela trädets biomassa både över och under jord blir således bokförd. Figur 7 visar i detalj de olika delar som bidrar till den årliga tillväxten 2004. Drygt hälften av tillvuxen skogsbiomassa togs ut det aktuella året, huvudsakligen i form av stamved och en mindre del i form av grenar och toppar från slutavverkningar. Knappt hälften lämnades kvar i skogen i form av toppar, stubbar och rötter.

Av skogsuttaget gick ca hälften till skogsindustriella produkter och hälften till energigenerering. Bland de skogsindustriella produkterna dominerar pappersmassa och sågade trävaror. Spånskivor tillverkas knappast alls i Sverige längre. Av den del som går till energigenerering utgör returlutar (svartlut) den helt dominerande andelen (Figur 8). Svartlut är en restprodukt inom massaindustrin och utgörs till stor del av lignin, som lösts ut ur veden vid kemiska processer och hamnat i kokvätskan. Svartluten förbränns sedan i särskilda ugnar varvid kokvätskans kemikalier återvinns och värmeenergin används internt som processvärme och för att generera elektrisk energi.

Beräkning av tillväxt och användning av skog 2004 och 2010 uttryckta i olika enheter: viktenheter torrsbstans, viktenheter koldioxid samt energienheter
De fyra huvudelementen i figur 7 är: Skogsindustriella produkter, Energigenerering, Avverkningsrester i skogen samt ökning av skogsförrådet. Den beräknade mängden torrsbstans för vardera av dessa element visas i figur 9. Den preliminära siffra för skogstillväxten 2004 som PO Nilsson använt för figur 7 är 99 miljoner skogskubikmeter (Mm³sk) och är hämtad från Skogsstatistisk årsbok för år 2005 och avser tillväxt på totala arealen produktiv skogsmark för perioden 1998 – 2002. I efterhand kan konstateras att den siffran var för låg. Tillväxten för perioden 2002 – 2006 som korresponderar bättre med avverkningsåret 2004 återfinns i Skogsstatistisk årsbok 2008, tabell 3:11 och anges där till 110 Mm³sk. Omräknat till torrsbstans blir tillväxten 84 miljoner ton (Mt) för år 2004. Den enda konsekvensen av korrektionen är att kolsänkan ökar mer än preliminärt beräknat av PO Nilsson. Ökningen av skogsförrådet var hela 27 % av tillväxten för 2004.

Värdena för mängden torrsbstans för de fyra elementen kan enkelt omvandlas till energienheter med omvandlingsfaktorn 5 kWh/kg torrsbstans biomassa som gäller med god noggrannhet för gran, tall och björk. Resultatet med de fyra elementen uttryckta i energienheter visas i figur 10. Den svenska skogens bidrag till energigenerering år 2004 var alltså 80 TWh, en dominerande del av bioenergitillförseln vilket framgår av figur 1. Mängden skogsbiomassa som används för industriella produkter hade ett energivärde något större än den biomassa som användes för direkt energigenerering. Noteras skall att energin bunden i de avverkningsrester som lämnades i skogen hade ett energivärde som var 50 % högre än det för den biomassa som direkt brändes upp.

Från den kemiska sammansättningen av skogsbiomassa kan dras slutsatsen att skogens kolförråd är approximativt hälften av sammanlagda biomassaavvikten. Den potentiella mängden koldioxid som bildas vid förbränning och nedbrytning är 44/12 gånger större än förhållandet mellan koldioxidens molekylvikt och kols atomvikt. Skogens tillväxt uttryckt i koldioxidenheter visas i figur 11. Den svenska skogens potential som kolsänka är mycket stor. Skogens kolupptag är nära tre gånger större än det kol som förbrukas genom fossil förbränning, främst från trafiken, 54 megaton för 2004. I praktiken torde Sverige inte ha några nettoutsläpp av koldioxid om man beaktar att 42 Mt koldioxid tagits upp av skogen och att en del av de skogsindustriella produkterna främst sågade trävaror kommer att lagra koldioxid långt in i framtiden. Diagrammet i figur 11 kan användas tillsammans med diagrammen i figur 9 och 10 för övergripande optimeringar av utnyttjande av skogen för industriella produkter, för energigenerering och för minimering av nettoutsläppen av koldioxid.

För att konstruera motsvarande diagram för år 2010 används enkel skalningsteknik. Från skogsstatistik vet vi att mängden stamved ökat mellan år 2004 och 2010 från 110 till preliminärt 111 miljoner m³sk för 2010, en obetydlig ökning under de 6 åren. Därmed ökar tillväxten i energienheter från 420 till 425 TWh och kolupptaget från 154 till 155 miljoner ton uttryckt i koldioxid-enheter. De största förändringarna, inte oväntade mellan 2004 och 2010, är att energigenereringen ökat, avverkningsresterna minskat medan skogsindustrins bruk av biomassa och ökningen av skogsförrådet varit i princip oförändrade.

Energigenereringen för 2010 härleds från SCB-statistik som visar att skogsbioenergin ökat från 92 TWh 2004 till 120 TWh d.v.s. med 28 TWh [ref. 4, 5]. Efter korrektion för importen uppskattas den inhemskt genererade skogsbioenergin 2010 vara 100 TWh.

Skogsindustriella produkter kan beräknas ur förbrukningen av rundvirke av tall, gran och björk. Enligt statistik från SDC, skogsnäringsarnas IT-företag, minskade rundvirkesförbrukningen något mellan 2004 och 2010 från 71,128 till 69,863 m³f ub (fast kubik under bark). Från dessa värden beräknas energiinnehållet i skogsindustriella produkter 2010 bli $69,863/71,128 \times 87 = 85$ TWh. Mängden avverkningsrester antas vara proportionell mot avverkningen som var 89,5 miljoner m³sk under 2010 [2] att jämföras med 86,7 miljoner m³sk under 2004 [3].

Avverkningsresterna består dels av vad som blir kvar i skogen och dels vad som eldas upp. Även om en del stubbar nu börjar användas bortses här från dess relativt lilla bidrag till energigenereringen och enbart bidraget från GROT beräknas. Enligt tabell 7.6a i skogsstatistisk årsbok för 2011 framgår att den anmälda arealen för uttag av GROT var 54 679 hektar för 2004, en siffra som hade tredubblats till 2010 då den anmälda arealen var 155 063 hektar. Mängden GROT i energigenereringen 2004 var 7 TWh och för 2010 beräknas GROT bidra med 20 TWh till energigenerering. Från figur 2 framgår att energiinnehållet i avverkningsresterna blir $137+7=144$ TWh. Eftersom proportionalitet antas råda mellan avverkning och avverkningsrester beräknas 2010 års energiinnehåll i avverkningsrester vara $89,5/86,7 \times 144 = 149$ TWh. Energiinnehållet i kvarvarande avverkningsrester i skogen blir $149-20=129$ TWh. De framräknade avverkningsresterna kvar i skogen 2010 blir alltså 129 TWh.

Även om de här gjorda skattningarna delvis är behäftade med fel är tendensen tydlig. Ökande utnyttjande av avverkningsrester för energigenerering sker för närvarande utan att nämnvärt förändra industrins uttag av biomassa och utan att påverka inlagringen av kol i det svenska skogsförrådet. Uttag av GROT leder till ökande koldioxidemissioner genom att tidigare upplagrad

GROT emitterar koldioxid genom bakteriell nedbrytning parallellt med att ny GROT eldas upp. Ett ökande uttag av GROT leder alltså till ökande koldioxid emissioner under en begränsad tid, vanligen en tidsperiod på 15 - 30 år. Effekten har studerats av flera författare, (Lindroth, Wibe och Zetterberg). Störst effekt visas i en studie av Sören Wibe som analyserat effekten av ett ökande uttag av GROT fram till 2026 då ett årligt uttag av 20 TWh nås vilket bibehålls resten av århundradet (Figur 14). Från 2027 tas GROT ut från 150 000 hektar årligen i Wibes modell. En bidragande orsak till resultatet är att i modellen har växttiden utsträckts i tiden genom den minskande näringstillförseln på grund av borttagandet av GROT. Den största effekten har framräknats av Sören Wibe som kommit fram till att användning av GROT leder till koldioxidutsläpp svarande mot 60 % av de utsläpp som skulle ha kommit från oljeförbränning för produktion av motsvarande mängd energi. Effekterna kommer dels från det minskande lagret av avverkningsrester och dels från den minskande näringstillförseln.

Diskussion

Den av PO Nilsson noggranna genomgången av biomassaflöden i den svenska skogen ligger till grund för den här förenklade översiktliga analysen. Tack vare att mängden torrsbstans beräknats för de olika komponenterna i skogsproduktionen är det enkelt att konvertera biomassan uttryckt i viktenhet till energienhet och till mängd kol som kan tilldelas varje element av skogsbiomassan. När diskussioner förs om ekonomi och miljö kan det vara bra att kunna ha en översiktlig uppfattning i endera enheten. När skogens koldioxidupptagande förmåga diskuteras är mängden koldioxid som tas upp av de olika skogselementen i fokus. Av skogens totalt inlagrade kol återgår en del relativt snabbt genom energigenerering både genom direkt förbränning och inom några år genom förbränning av den del av industriproduktionen som avser papper och pappersmassa. Den årliga ökningen av skogsförrådet samt den del av den industriella produktionen som avser trävaror bidrar till så mycket koldioxidupptag att Sverige knappast har något nettoutsläpp av koldioxid. I den här översiktliga analysen har bortsetts från den detaljerade koldioxidbalansen för ett växande träd från planta till fullvuxet träd. Därför har begreppet upptaget kol kvantifierat i den mängd koldioxid använts som bildas vid slutlig förbränning.

Utsläppen av koldioxid från den upplagrade mängden avverkningsrester sker inom några tiotal år genom bakteriell nedbrytning med en mängd som årligen svarar mot koldioxiden som infångats i dessa rester. Denna jämvikt kommer att störas i och med ökande uttag av GROT och kanske i en framtid av stubbar som alltså leder till extra koldioxidutsläpp vid förbränningen vid sidan av den pågående nedbrytningen av avverkningsresterna. Flera olika uppskattningar av de extra koldioxidutsläppen av GROT och stubbar har gjorts. Intresset för att utnyttja avverkningsrester för produktion av andra generationens drivmedel från skogscellulosa kommer att öka efter EU:s beslut att 10 %-målet för andelen biodrivmedel från matgrödor ska minskas.

När det rör sig om skogsindustriella produkter handlas de i volymmått men det kan vara bra att känna till deras energiinnehåll för att underlätta överväganden om alternativ användning av denna för energigenerering.

En förenklad beräkning på biomassaflödena 2010 visar på i stort sett oförändrad total tillväxt av biomassa mellan 2004 och 2010. Inte oväntat sker en ökande energigenerering med 28 TWh varav en del av ökningen, 13 TWh, kan tillskrivas det ökande uttaget av GROT. Beräkningen visar att ökningen av skogsförrådet av kol mellan 2004 och 2010 är oförändrat liksom skogsuttaget för användning inom skogsindustrin.

Uppgifter om svensk skog

Enligt Göran Kempe 2011 Skogsstatistisk årsbok gäller för 2010 att:

Sveriges totala landareal är 40,8 milj. ha. Av detta är:

- 22,5 milj. ha produktiv skogsmark
- 4,4 milj. ha myr
- 0,9 milj. ha berg
- 3,5 milj. ha fjäll och fjällbarrskog
- 3,4 milj. ha åker och betesmark
- 4,2 milj. ha skyddad areal inom nationalparker, naturreservat och naturvårdsområden

Det totala virkesförrådet på produktiv skogsmark är omkring 2,9 miljarder skogskubikmeter (m³sk) varav 39 % är tall, 42 % gran och 12 % björk.

Medelvirkesförrådet per hektar på produktiv skogsmark är 131 m³sk per hektar.

Sedan 1920-talet har virkesförrådet i Sveriges skogar ökat med mer än 80 %.

Medelboniteten på produktiv skogsmark är 5,3 m³sk per hektar och år.

Tillväxten på produktiv skogsmark är cirka 111 milj. m³sk, 117 milj. m³sk på samtliga ägoslag.

Enligt Bäcke 2011 Skogsstatistisk årsbok 2011 framgår vidare att:

Bruttoavverkningen uppgick till 89,5 milj. m³sk under år 2010 enligt Skogsstyrelsens bruttoavverkningsmodell. Skattningen är osäker.

Nettoavverkningen var 72,8 milj. m³f ub varav 35,6 milj. sågtimmer, 30,6 milj. massaved, 5,9 milj. brännved och 0,5 milj. övrigt virke.

Enligt Riksskogstaxeringen var 942 000 ha föremål för avverkning under 2010:

- 200 000 ha slutavverkades
- 433 000 ha gallrades
- 309 000 ha röjdes

Under 2010 gjordes följande anmälningar och medgivande om avverkning:

- 65 124 anmälda föryngringsavverkningar på sammanlagt 273 120 ha
- 1 434 medgivna avverkningstillstånd i svårföryngrad skog och skyddsskog på sammanlagt 13 031, varav
- 256 medgivna avverkningstillstånd i fjällnära skog på sammanlagt 2 968 ha
- 372 medgivna avverkningstillstånd inom ädellövskog på sammanlagt 1 420 ha
- 155 063 ha anmäldes för planerat uttag av skogsbränsle i form av grenar och toppar (GROT)
- 7 598 ha anmäldes för planerat uttag av skogsbränsle i form av stubbar

Medelarealen på anmälda föryngringsavverkningar var 4,2 ha.

Virkesmätningföreningarna mätte under 2010 in 95,5 milj. m³f virke. Av detta var 37,2 milj. timmer, 41,5 milj. massaved (inklusive träddelar), 10,2 milj. flis och 6,5 milj. spån, bark och biobränsle.

Källor

Kullander S., 2012, Piteå <http://bio4energy.se/component/content/article/84-latest-news/553-bioenergy-2012reactions-a-thanks.html>

Marklund L.G., 1987, *Biomassafunktioner för gran i Sverige*, Rapport 43, Institutionen för skogstaxering, Umeå.

Marklund L.G., 1988, *Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige*, Rapport 45, Institutionen för skogstaxering, Umeå.

Nilsson P.O., 2006, *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004*, Rapport 23, Skogsstyrelsen. *Skogsstatistisk årsbok 2005*, Sveriges officiella statistik, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Skogsstatistisk årsbok 2011, Sveriges officiella statistik, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Kempe G., 2011, Skog och skogsmark, *Skogsstatistisk årsbok 2011*.

Bäcke J., Avverkning och virkesmätning, *Skogsstatistisk årsbok 2011*.

Fredga, K., Danell, K., Frank, H., Hedberg, D. and Kullander, S. *Bioenergy, Opportunities and constraints*, Energy Committee Report, June 2008 http://kva.se/Documents/Vetenskap_samhället/Energi/Utskottet/rapport_energi_bio_eng_2008.pdf

SDC, Skogsnäringens IT-företag, 2007, *Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2002 – 2006*, Tabell 3, Sundsvall, 2007. http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdffiler_VMUVMK/Virkesf%C3%B6rbrukning/Virkesforbrukning_2002_2006.pdf

SDC, Skogsnäringens IT-företag, 2011, *Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2006 – 2010*, Tabell 3, Uppsala 2011. http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdffiler_VMUVMK/Virkesf%C3%B6rbrukning/Virkesf%C3%B6rbrukning_2010.pdf

Zetterberg L., 2011, *Instruments for Reaching Climate Objectives*, Doktorsavhandling, Göteborgs universitet, September 2011.

Wibe S., 2012, Carbon dioxide emissions from wood fuels in Sweden 1980-2100, *Journal of forest economy*, 2012.

Figurer

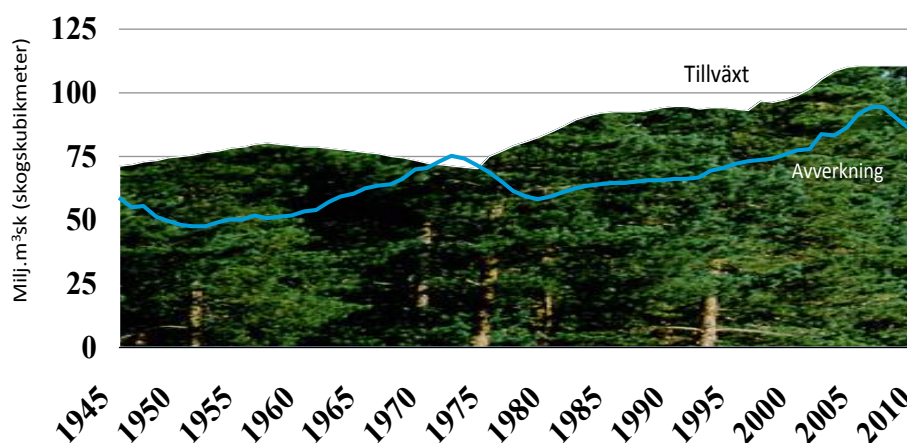
Biobränsle 2004 och 2010

| Tillförsel 2004 | TWh | Tillförsel 2010 | TWh |
|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Skogsbruk | 92 | Skogsbruk | 120 |
| Jordbruk | 4 | Jordbruk | 6 |
| Torv | 4 | Torv | 3 |
| Avfall | 8 | Avfall | 12 |
| Summa | 108 | Summa | 141 |

| Användning 2004 | TWh | Användning 2010 | TWh |
|------------------|------------|------------------|------------|
| Värme | 87 | Värme | 113 |
| El | 6 | El | 10 |
| Etanol/Biodiesel | 3 | Etanol/Biodiesel | 5 |
| Förluster | 12 | Förluster | 13 |
| Summa | 108 | Summa | 141 |

Figur 1. Tillförsel och användning av biobränsle 2004 och 2010. Källa: Energimyndighetens data bearbetade av Harry Frank.

Årlig tillväxt och avverkning på produktiv skog i Sverige

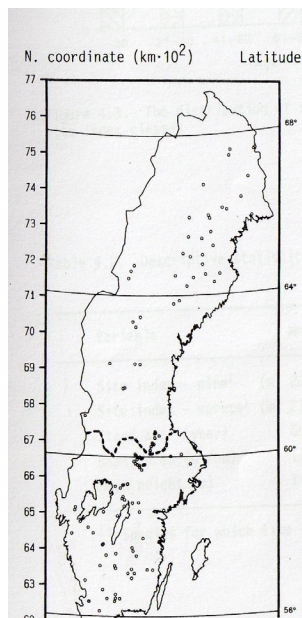


Figur 2. Tillväxt och avverkning 1945–2010. Tillväxten avser medelvärdesbildning över 5 år. Värdena för 2009 och 2010 kan därför komma att revideras något. Källa Riksskogstaxeringen, Skogsstyrelsen.

Tillväxten är större än avverkningen



Figur 3. Sveriges skogsförråd består av 3 miljoner skogskubikmeter, och den ökar genom att tillväxten är större än avverkningen. Källa: Riksskogstaxeringen, Skogsstyrelsen.



Provytor för bestämning av andel GROT/stubbar

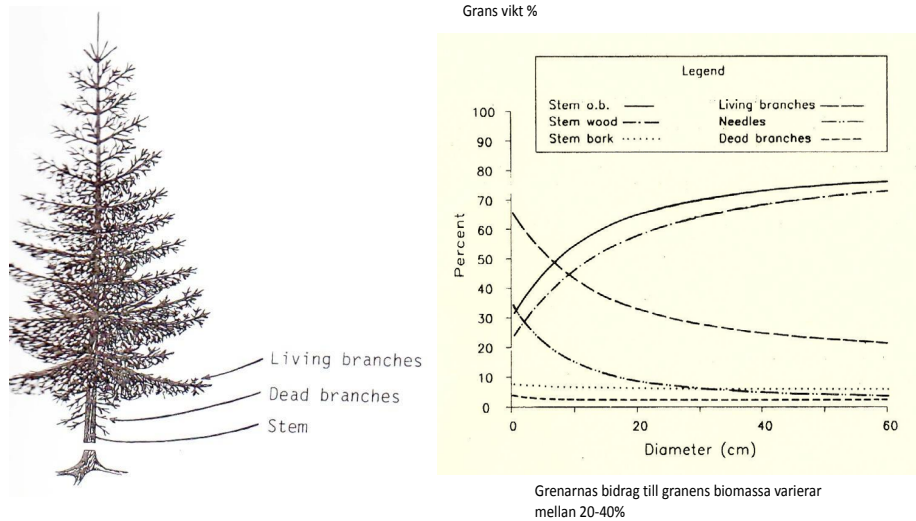
123 provytor med olika ålder och olika typer av ståndorter valdes ut på Domänverkets skogar

I varje provyta har provträd från olika diameterklasser tagits ut och mätts.

Provträden (1508 st) fälldes och vägdes och råvikt av olika träddelar bestämdes

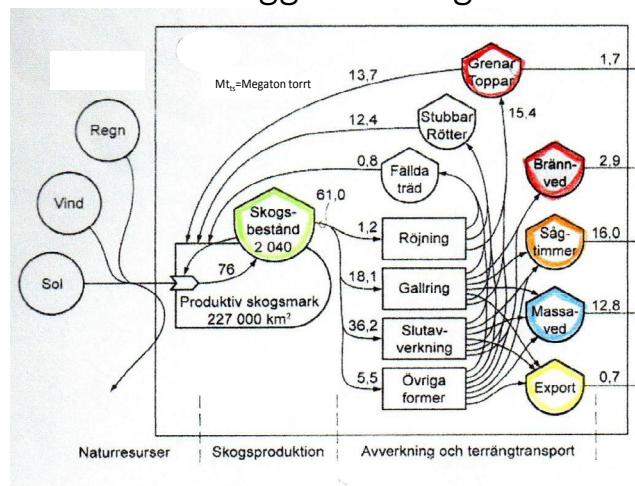
Figur 4. Den geografiska fördelningen av undersökta bestånd som gjordes under åren 1983—1985 av forskare vid Institutionen för skogstaxering i Umeå. Källa: Lars Gunnar Marklund, *Biomassafunktioner för gran i Sverige*, rapport 43, Institutionen för skogstaxering, SLU, Umeå, 1987.

Biomassafunktioner för gran

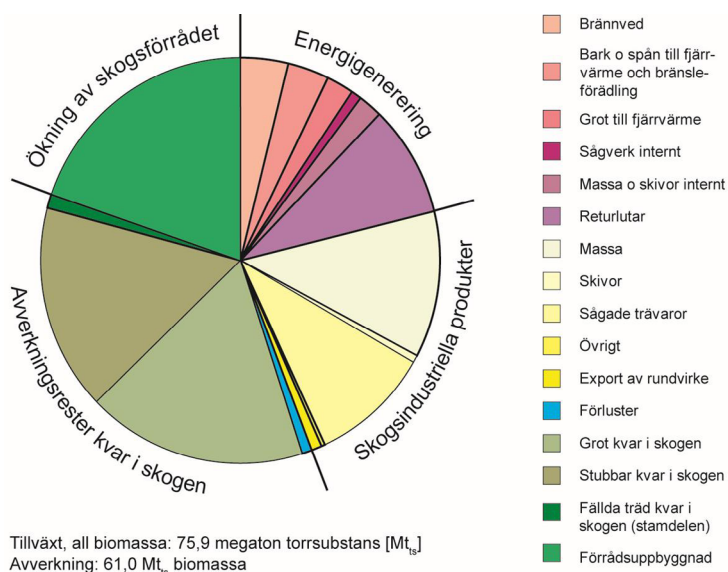


Figur 5. Biomassafunktioner för gran med diameter som enda oberoende parameter. Källa: Lars Gunnar Marklund, *Biomassafunktioner för gran i Sverige*, rapport 43, SLU, Umeå 1987.

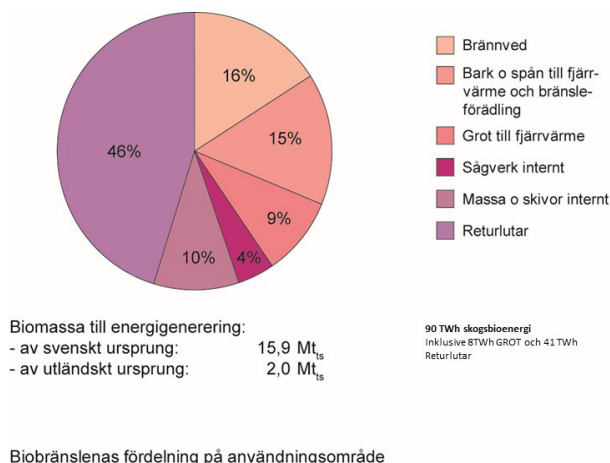
Biomassaflöde 2004 i megaton från skogsproduktion till avlägg vid bilväg



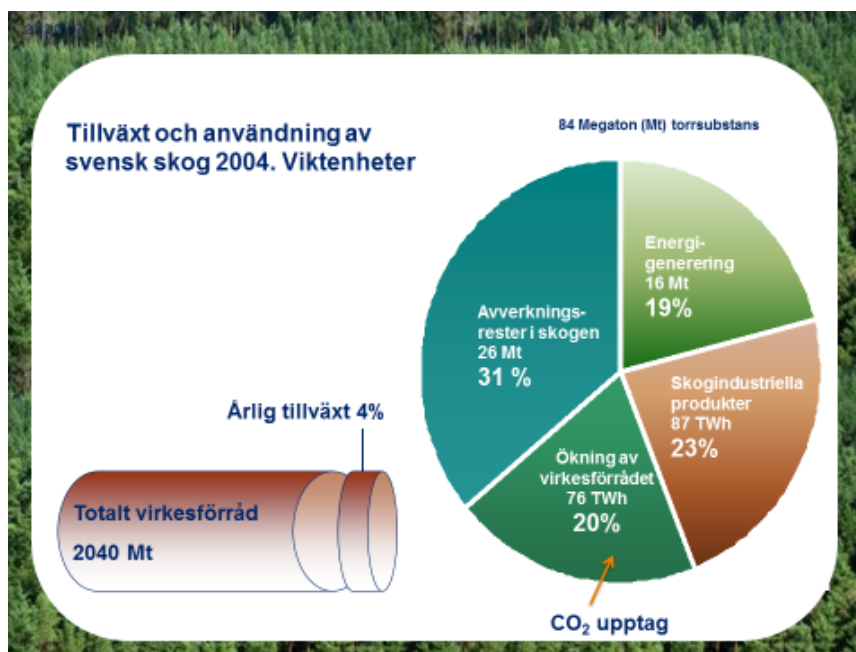
Figur 6. Skiss som visar hur mycket svensk skog vuxit i enheten miljoner ton torrsbstans och hur mycket som tagits ut för olika ändamål. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.



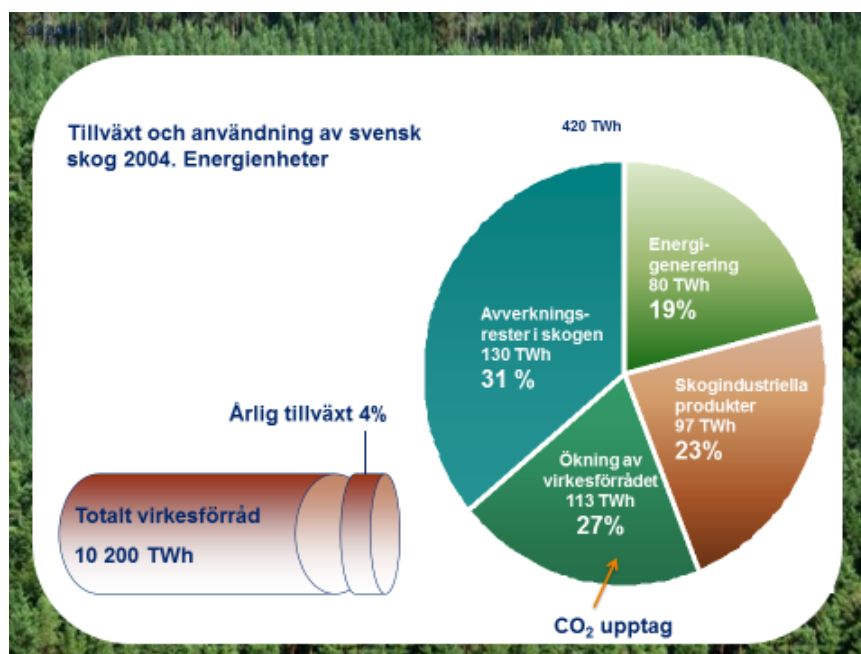
Figur 7. Tillväxt, avverkning och uttag av trädbiomassa fördelat på slutprodukter år 2004. Det approximativa värdet 99 miljoner skogskubikmeter har använts för beräkning av tillväxt. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassafloeden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.



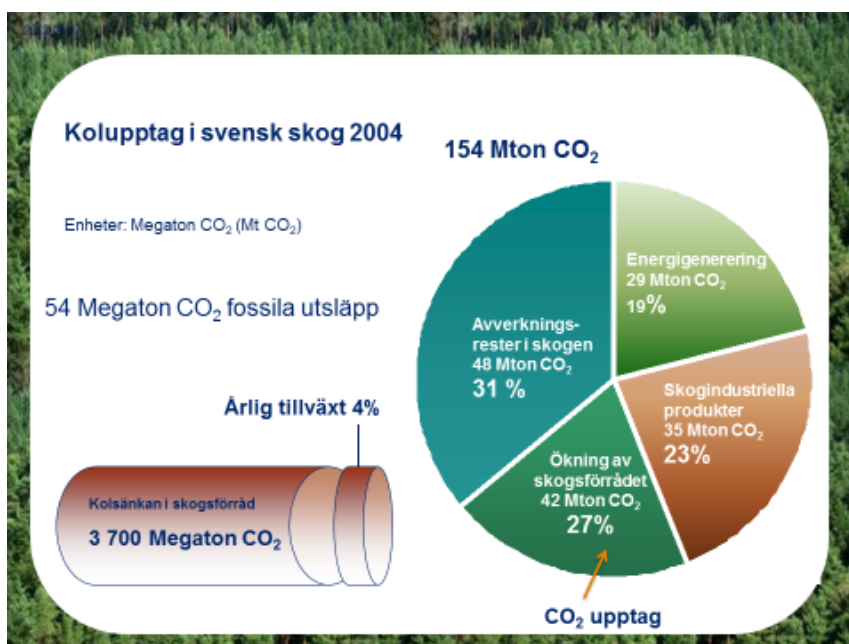
Figur 8. Skogsbioenergi kommer till mindre del från brännved och främst från olika restprodukter inom skogsindustrin. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassafloeden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.



Figur 9. Tillväxt och användning av svensk skog samt totalt virkesförråd 2004 givna i enheten miljoner ton (Mt) torrsubstans. I stället för den av Per Olov Nilsson preliminärt använda siffran 99 miljoner skogskubikmeter (Mm³sk) för 2004 års tillväxt på produktiv skogsmark används här den enligt senaste statistiken mer korrekta siffran 109 Mm³sk. Avverkningsrester utgörs av grenar, toppar, stubbar och rötter. Skogindustriella produkter utgörs av papper, pappersmassa och sågade trävaror.
Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.

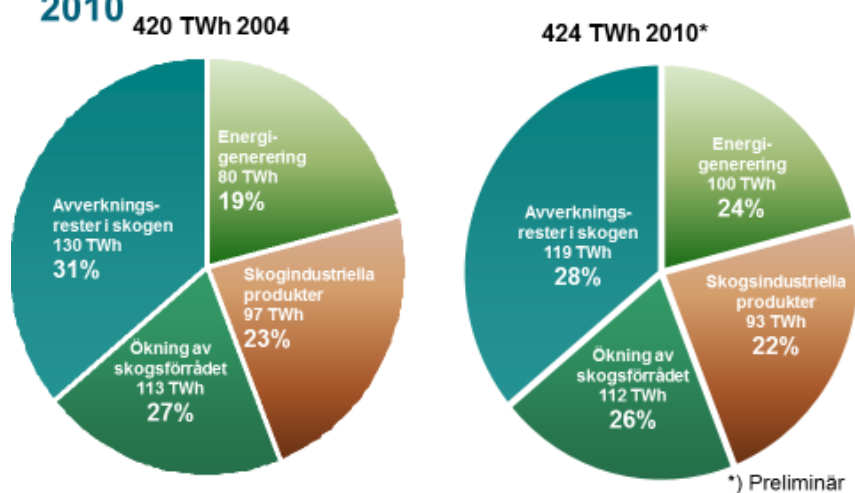


Figur 10. Tillväxt och användning av svensk skog 2004 uttryckta i energienheter. Definitioner i övrigt som i figur 9. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.



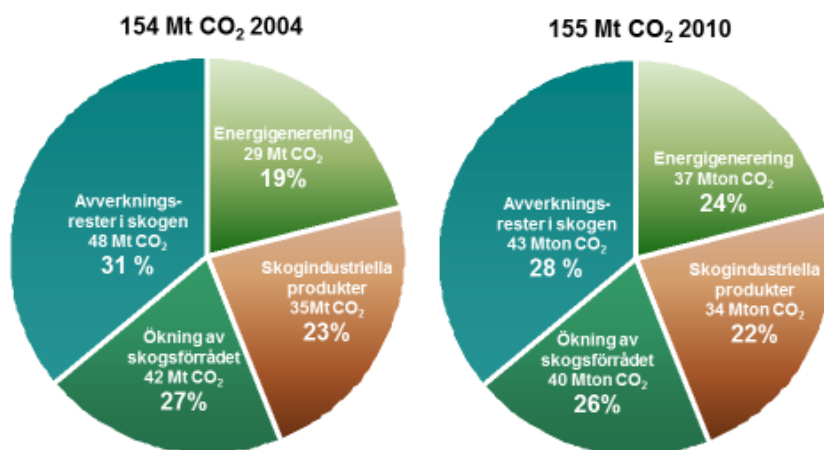
Figur 11. Kolupptag 2004 i svensk skog uttryckta i miljoner ton (Mt) koldioxid som skulle bildas vid förbränning. Denna potentiella kolsänka skall jämföras med de fossila utsläppen 2004 som var 54 Mt koldioxid. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.

Skogens energitillväxt 2004 och 2010



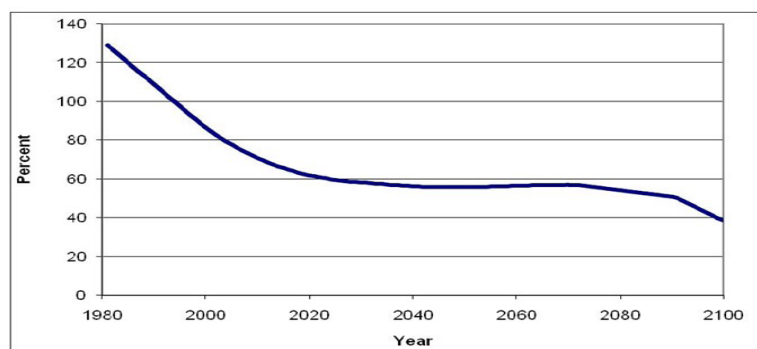
Figur 12. Skogens tillväxt 2004 och 2010 uttryckt i energienheten terawattimmar (TWh). Uppgifterna för 2010 är preliminära eftersom skogstillväxten enligt *Skoggsstatistisk årsbok 2011* har sin tyngdpunkt kring år 2008. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.

Skogens CO₂ upptag 2004 och 2010



Figur 13. Skogens koldioxidupptag 2004 och 2010 uttryckt i mängd koldioxid i miljoner ton (Mt). Ungefärlig eftersom skogstillväxten enligt *Skogsstatistisk årsbok 2011* har sin tyngdpunkt kring år 2008. Källa: Skogsstyrelsens rapport *Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004* av Per Olov Nilsson.

Effekt av GROT-användning på koldioxidemissionerna



Nettoökning av koldioxid i atmosfären som ett resultat av förbränning av skogsrester jämfört med omolja i stället använts för att ge samma energimängd

Figur 14. Effekt av koldioxidemissioner från förbränning av GROT. Källa: *Journal of forest economy*, Sören Wibe 2012.



Kungl. Vetenskapsakademiens Energiutskott

| | |
|---------------------------|--|
| Elisabeth Rachlew (ordf.) | Professor emeritus i fysik |
| Birgitta Bremer | Professor Bergianus emeritus |
| Harry Frank | Tekn.dr |
| David G. Gee | Seniorprofessor i orogen dynamik |
| Karl Grandin | Professor, civilingenjör |
| Claes-Göran Granqvist | Seniorprofessor i fasta tillståndets fysik |
| Ingmar Grenthe | Professor emeritus i oorganisk kemi |
| Dick Hedberg | Fil.dr |
| Olle Inganäs | Professor i biomolekylär och organisk elektronik |
| Peter Jagers | Professor i matematisk statistik |
| Rickard Lundin | Professor i rymdfysik |
| Karl-Gustaf Löfgren | Professor i nationalekonomi |
| Karl-Göran Mäler | Professor emeritus i nationalekonomi |
| Kerstin Niblaeus | Tekn.dr/F.d. generaldirektör för Europeiska Unionens råd |
| Bengt Nordén | Professor i fysikalisk kemi |
| Torbjörn Norin | Professor emeritus i organisk kemi |
| Lars Rask | Professor i medicinsk biokemi |
| Villy Sundström | Professor i kemisk fysik |
| Björn von Sydow | Universitetslektor/F.d. talman |