



Kartläggning av inhemska biogena koldioxidutsläpp i Sverige

Pererik Karlsson (IVL)
Mattias Lundblad (SLU)
Carina Josefsson Ortiz (SCB)
Per-Erik Wikberg (SLU)
Tomas Gustafsson (IVL)

Avtal: 250-22-002

På uppdrag av Naturvårdsverket

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Statistikmyndigheten SCB, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete. På uppdrag av Naturvårdsverket samt Havs- och vattenmyndigheten säkerställer SMED framtagandet av underlag till Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall, farliga ämnen, buller samt åtgärder. Miljöstatistik tas även fram för nationella och regionala behov, såsom för uppföljningen inom det svenska miljömålssystemet där SMED bidrar med underlag till både etappmål och miljö kvalitetsmål. SMED utvecklar även nya metoder och tar fram statistik för uppföljning av Sveriges nationella avfallsplan och avfallsförebyggande program. Mer information finns på SMED:s webbplats www.smed.se.

Innehåll

INNEHÅLL	4
SAMMANFATTNING	5
BAKGRUND	7
Rapportering av biogen koldioxid	7
Biogena vs. fossila utsläpp av koldioxid	8
BESKRIVNING AV NU ANVÄND METODIK FÖR ATT BERÄKNA UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER FRÅN FÖRBRÄNNING AV BIOBRÄNSLE	11
Beräkning av biogena utsläpp från energisektorn	11
Beräkning av skogens kolbalans i LULUCF-sektorn	14
Förändringar i kolpoolerna levande biomassa, död ved, stubbar, grov förna	16
Träprodukter (HWP)	18
Alternativ beräkning av nettoförändringar	19
KARTLÄGGNING AV BIOMASSAFLÖDEN MED URSPRUNG I SVENSK SKOG SOM KAN FÖRKNIPPAS MED SVENSK BIOENERGI	21
De skogliga biomassaflödenas koppling till rapporteringen av LULUCF-sektorn	24
KARTLÄGGNING AV URSPRUNGET FÖR BIOMASSA SOM ANVÄNDS VID FÖRBRÄNNING AV BIOBRÄNSLE	25
ÖVERGRIPANDE SCHEMATISK KARTLÄGGNING AV TOTALA FLÖDEN AV BIOMASSA I SVERIGE	29
Flöden av biogent producerad råvara och redovisade utsläpp	29
Övergripande kartläggning av alla flöden av biogent producerad råvara och produkter från denna råvara	31
SLUTSATSER, DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER	34

Sammanfattning

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI.

I denna studie har kartlagts hur mycket av de biogena utsläppen i Sveriges inventering av växthusgasutsläpp, som rapporteras till EU och UNFCCC, som härrör från inhemsk produktion av biomassa och hur mycket som är importerad råvara. Ett viktigt syfte har varit att belysa i vad mån storleken på de biogena utsläppen från förbränning av biomassa inom energisektorn som redovisas under '*memo items*' *CO₂ emissions from biomass* överensstämmer med storleken på den del av de rapporterade balanserna för förändringar i kolförråden levande och död biomassa som redovisas i sektorn markanvändning och skogsbruk, LULUCF, som kan förknippas med de biogena utsläppen.

Rapporten innehåller en djupgående beskrivning av de metoder som i dagsläget används för beräkningar av *CO₂ emissions from biomass*, redovisade under '*memo items*' och de metoder som används i beräkningarna av nettoupptag i LULUCF-sektorn där de biogena utsläppen ingår.

Den officiella redovisningen av LULUCF-sektorn är en nettoberäkning av kolförrådsförändringar inom Sverige som inkluderar (men inte särredovisar) upptag och avgång av koldioxid. Därför har en kartläggning gjorts av biomassaflöden i Sverige, inklusive export och import, för att möjliggöra en skattning av utsläppen av biogen koldioxid i LULUCF-sektorn och i vilken utsträckning dessa kan förknippas med utsläpp från energiproduktion från biogent bränsle i Sverige.

Tillförseln av skogsråvaror från import och från inhemskt skogsbruk till industrin, inklusive rundved, avverkningsrester samt brännved och annat som används direkt av hushållen, motsvarade nästan 70 miljoner ton koldioxid varav ca 6 miljoner ton härrör från import. Ungefär hälften av rundvirket som tas ut från skogen blir pappersmassa och träprodukter. Resten (brännved, flis, spån, bark, svartlut) används främst till energiframställning och motsvarar ca 32 miljoner ton koldioxid. Utöver rundvirket tas avverkningsrester (grenar och toppar från skogsbruket) tillvara för energiproduktion motsvarande ca 3,5 miljoner ton koldioxid. Tillsammans med den avgång som sker från slutanvända trä- och pappersprodukter skattas den årliga avgången för år 2019 av koldioxid från svensk skogsråvara i LULUCF-sektorn till ca 39 miljoner ton.

En genomgång och kvantifiering av flöden och ursprung (inhemsk produktion och import) av den biomassa som utgör biobränsle i Sverige och som ingår i emissionsberäkningarna för *CO₂ emissions from biomass* i energisektorn visade att bränslet kan fördelas mellan 12 olika kategorier. Den största posten av biogena utsläpp med ursprung i svensk skog kommer från förbränning av svartlut och träbränslen. Tillsammans utgör svartlut och träbränslen 74% av alla biogena utsläpp. Av de totala biogena utsläppen (53 miljoner ton koldioxid) har utsläpp från importerat biobränsle (framförallt FAME, avfall och svartlut) skattats till totalt 20% för 2021. Det innebär att ca 80 % (41 miljoner ton koldioxid) av utsläppen som redovisas under *CO₂ emissions from biomass* har sitt ursprung i inhemsk produktion av skogsråvara och därmed borde motsvara en betydande del av avgången av koldioxid i nettoberäkningen av kolförrådsförändringarna i levande och död biomassa som beräknas inom LULUCF-sektorn och som kan förknippas med de biogena utsläppen.

Den övergripande kartläggningen av flöden av inhemskt biogent producerad råvara och produkter från denna råvara i jämförelse med biobränsleanvändning i Sverige visar att skattningarna av utsläpp är storleksmässig jämförbara (39 respektive 41 miljoner ton koldioxid). Detta trots att det finns kända skillnader i de statistiska underlagen och den tidsmässiga representativiteten.

Resultaten visar också hur stor del av en avverkning som blir till långlivade träprodukter och hur mycket som relativt snabbt avgår till atmosfären genom förbränning där energi tas till vara.

Slutligen ges i denna rapport en översiktlig schematisk beskrivning av antropogena årliga strömmar, förbränning samt övrig nedbrytning av biogent producerad råvara, samt dess produkter inom Sveriges gränser, inklusive import och export.

Nyckelord: biogen koldioxid, träbränsle, bioenergi, LULUCF, skog, träprodukter

Bakgrund

Rapportering av biogen koldioxid

Sverige rapporterar årligen uppgifter över utsläpp och upptag av koldioxid till FN:s klimatkonvention (UNFCCC). Utsläpp av koldioxid (CO₂) från faktisk förbränning av biomassa, det vill säga biogena utsläpp av koldioxid, redovisas i CRF-tabeller för energisektorn som s.k. '*memo items*' (CRF, Tabell 1s2, *CO₂ emissions from biomass*). Anledningen till att de bara rapporteras som information är att de redan finns med i beräkningen av nettoupptag eller nettoutsläpp av koldioxid i markanvändningssektorn (LULUCF¹) i det land där biomassan har producerats. Om de inkluderas i energisektorns utsläpp innebär det att utsläppen dubbelräknas.

De redovisade biogena utsläppen från förbränning är av en betydande storlek. I den årliga rapporteringen 2023 redovisade Sverige utsläpp av biogen koldioxid på cirka 53 miljoner ton, under '*memo items*' för år 2021, vilket kan jämföras med det samlade nettoupptaget i markanvändningssektorn (LULUCF) som uppgick till närmare 42 miljoner ton CO₂-ekvivalenter och de nationella totala territoriella utsläppen av växthusgaser (utom LULUCF) som 2021 uppgick till närmare 48 miljoner ton CO₂-ekvivalenter. Oftast redovisas de territoriella utsläppen exklusive LULUCF eftersom LULUCF inte ingår i Sveriges klimatmål annat än som kompletterande åtgärder. I internationella rapporteringssammanhang (till EU och UNFCCC) ingår alla sektorer i de territoriella utsläppen och upptagen.

Koldioxidutsläpp från förbränning av biomassa inkluderas alltså under LULUCF (CRF 4) i nettoberäkningen av förändringar i kolförråd i det land där biomassan har producerats. Upptag och utsläpp till och från kolförråden i skogsekosystemen under LULUCF som kan förknippas med utsläpp från biomassa särredovisas inte eftersom metoden som används utgår från mätningar av förråd vid olika tidpunkter. Förlust av kol i skogsekosystemen uppstår framför allt genom avverkning och uttag av skogsbränsle. Det finns i dagsläget inga exakta beräkningar av hur stor del av den biomassa som tas ut i samband med avverkning av skog som också avspeglas i energisektorns utsläpp som biogena utsläpp av koldioxid under '*memo items*'. Biobränsle från energigrödor och energiskog ingår också i '*memo items*', men genererar varken upptag eller utsläpp inom LULUCF-rapporteringen eftersom den koldioxid som bundits in i biomassan i dessa grödor antas omsättas inom samma år som koldioxiden togs upp från atmosfären. En del av den

¹ Land Use, Land Use Change and Forestry

inlagrade koldioxiden lagras dock in som kol i marken när organiskt material från skörderester inklusive rötter lämnas kvar.

Vidare är det oklart hur stor andel av biogena utsläpp av koldioxid från förbränning som har sitt ursprung från importerad biomassa till Sverige, och varifrån denna biomassa i så fall härrör. Till detta hör att det inte redovisas någon importerad biomassa i CRF-tabellerna för tillförda bränslen ('Reference Approach', CRF Table 1.A(b)).

Förhoppningen är att de uppgifter som redovisas i denna rapport ska kunna bidra med ett fördjupat underlag över de biogena utsläppen, dess ursprung och kopplingen till redovisningen i LULUCF-sektorn och därigenom bidra till fortsatta diskussioner om vilken betydelse omställningen från fossil energi till förnybara alternativ har för klimatarbetet.

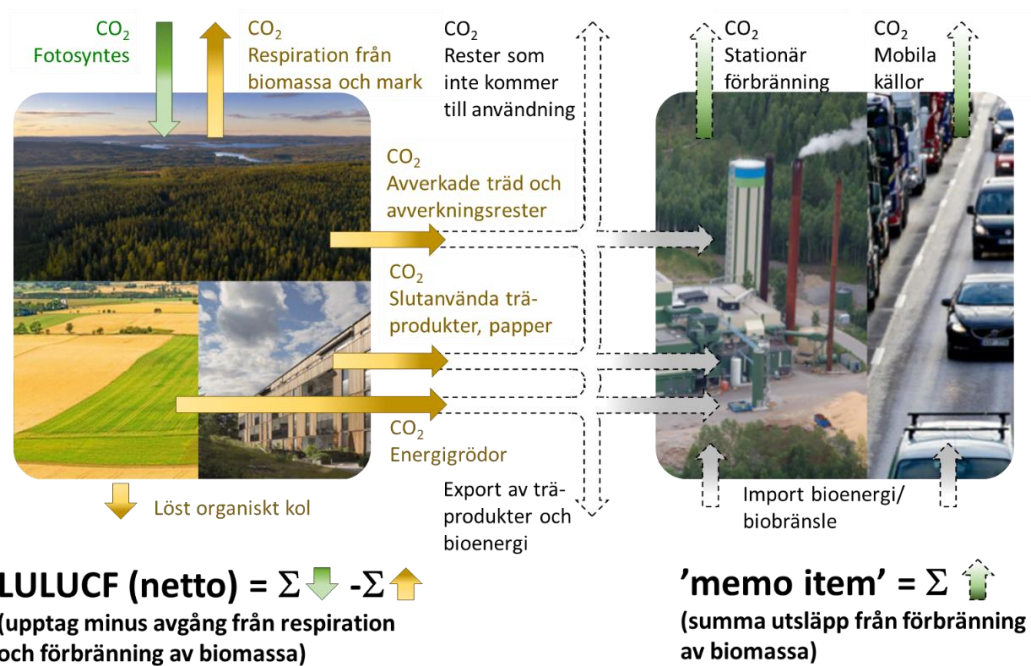
Biogena vs. fossila utsläpp av koldioxid

Det pågår i det svenska samhället en diskussion kring relevansen med att biogena utsläpp av koldioxid från förbränning inte räknas in i de nationella totala territoriella utsläppen av växthusgaser. Rapporteringssystemet är i det avseendet inte intuitivt eftersom biogena utsläpp av koldioxid redan ingår i LULUCF-sektorns nettouptag (se Figur 1 nedan), vilka dessutom inte alltid visas tillsammans med de territoriella utsläppen (se ovan). I sammanhanget lyfts också ofta fram det faktum att atmosfären inte gör skillnad på biogen och fossil koldioxid som tillförs genom förbränning och att biogena och fossila utsläpp av koldioxid därför bör likställas och redovisas tillsammans. Det är visserligen sant att koldioxid i atmosfären har samma effekt oavsett ursprung, men de biogena utsläppen ingår redan i ett kretslopp av koldioxid mellan atmosfären och biosfären medan de fossila bidrar till ett linjärt flöde av kol från geologiska kollager. Så länge de biogena utsläppen inte är större än upptaget av koldioxid till biosfären så kan användningen av energi med biogent ursprung anses vara koldioxidneutralt, dvs. att utsläppen inte bidrar till ökad uppvärmning. Så är fallet med användningen av biomassa från Sverige. I länder där uttaget av biomassa är större än tillväxten, bl.a. för att mark som avverkas inte återplanteras, är bioenergin inte hållbar. Tittar man på enskilda sortiment eller enskilda skogsbestånd är det förstas stor skillnad på hur lång tid det tar innan motsvarande mängd koldioxid åter bundits in. För en åkergröda har motsvarande mängd som släpptes ut ett år bundits in inom ett år medan omloppstiden för skog kan vara mer än 100 år. Men så länge upptaget totalt sett (t.ex. på landskapsnivå eller inom ett lands gränser) kompenserar för uttaget kan även skogsbiomassa anses koldioxidneutral.

Det är dessutom så att de bränslen av biogent ursprung som används i Sverige idag, till alla största delen består av rester från skogsbruket och från skogsindustrin. Dessa sortiment skulle ha avgett koldioxiden till atmosfären ändå inom några tiotals år. Genom att använda denna biomassa för att producera energi nyttiggörs biomassan och medför också att mindre fossilt kol tillförs kretsloppet.

Konsekvensen av att använda ett bränsle av fossilt ursprung jämfört med biobränsle blir därmed olika:

- Om ett fossilt bränsle används så ökar temperaturen i atmosfären i takt med bränsleanvändningen genom i princip linjära sambandet mellan kumulativa utsläpp av fossil koldioxid och ökningen av den globala medeltemperaturen. Om fossilbränsleanvändningen upphör så avtar temperaturförhöjningen mycket långsamt pga. att koldioxiden stannar i atmosfären under mycket lång tid.
- Om biobränslen används så beror temperaturutvecklingen i stor utsträckning på den alternativa användningen av biomassan, till exempel om biomassan hade kunnat lagras under ännu längre tid i produkter eller lagrats i skogen (det biogena kollagret).



Figur 1. Schematisk framställning av biogena koldioxidflöden i klimatrappporteringen till FN och EU. I LULUCF-sektorn redovisas summan av upptag och utsläpp vilket inkluderar upptag genom fotosyntes till kollager i skogsekosystemen (gröna pilar), upplagring i produkter (inklusive exporterade produkter) och avgång (gula pilar) av koldioxid genom nedbrytning av organiskt material (respiration) och förbränning av biomassa - oavsett var förbränningen sker. Därför redovisas dessa utsläpp (gröna streckade pilar) som 'memo items' i energisektorn för att undvika dubbelräkning av utsläppen. I 'memo items' ingår även importerad bioenergi/biobränslen. Exporterad bioenergi/ biobränslen och avgång från exporterade träprodukter redovisas under 'memo items' i det importerande landet. Figuren är förenklad, vissa mindre betydelsefulla flöden är utelämnade.

Beskrivning av nu använd metodik för att beräkna utsläpp av växthusgaser från förbränning av biobränsle

I detta kapitel görs en djupgående beskrivning av de metoder i växthusgasinventeringen som används för beräkningar av *CO₂ emissions from biomass*, redovisade under 'memo items' och för beräkningar av nettoupptag i kolförråd och användning av skogsråvara som kan förknippas med energiproduktion från biogent bränsle i Sverige (LULUCF), med fokus på skogsbränsle.

Beräkning av biogena utsläpp från energisektorn

Rapporteringen av utsläpp från energisektorn omfattar delsektorerna stationär förbränning, mobila sektorn samt diffusa utsläpp. Redovisning av biogena utsläpp ('memo items'), förekommer enbart under stationär förbränning och mobila sektorn.

Biogena utsläpp från stationär förbränning förekommer i de tre delsektorerna el – och fjärrvärmeproduktion, industri och övrig sektor. Generellt för utsläppen i dessa delsektorer är att utsläppsberäkningarna utgår ifrån årliga förbrukade mängder bränsle och nationella emissionsfaktorer. Bränsleuppgifterna plockas från olika källor: energistatistik producerad av Energimyndigheten i form av Kvartalsvis energistatistik (KvBr)² och Energibalanser³, samt för raffinaderier och enstaka anläggningar inom cementproduktion från EU:s utsläppshandel (ETS)⁴. I datakällorna särskiljs inte mellan inhemskt producerat bränsle och importerat bränsle.

² Energimyndigheten, 2023. Kvartalsvis bränslestatistik. [<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/kvartalsvis-branslestatistik/>]

³ Energimyndigheten, 2023. Årlig energibalans. [<https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/arl原因-energibalans/>]

⁴ Naturvårdsverket, 2023. [<https://www.naturvardsverket.se/utslappshandel/>]

Kvartalsvis energistatistik syftar till att kvartalsvis belysa;

- Energianvändning inom tillverknings- och mineralutvinningsindustrin SNI 05-33 (SNI 2007)
- Energianvändning för el- och värmeproducerande arbetsställen (Energiproducenter)
- Distribution av naturgas.

Inom statistiken för växthusgaser används data från Energibalansen för övrig sektor, vilket omfattar gruvor, småindustri, hushåll, övrig service, jordbruk och skogsbruk.

Energibalanserna avser att ge en översiktlig, men fullständig och enhetlig beskrivning av tillförsel, omvandling och slutlig användning av energi för uppföljning och analyser av landets energiförsörjning⁵, med hjälp av ett tjugotal olika undersökningar.

Utöver rena undersökningar används även aggregerade indata som hämtas från andra delar av den svenska officiella statistiken, exempelvis branschvisa förädlingsvärden, arbetade timmar samt åtgärdsstatistik i jordbruket.

Ytterligare data hämtas från administrativa datakällor, exempelvis Elcertifikatsystemet och inrapportering av uppgifter om drivmedel till Energimyndigheten genom Drivmedelslagen (DML) och Lag om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande bibränslen (HBL).

Huvuddelen av indata för beräkningar av utsläpp från mobila sektorn utgörs av mängd levererat bränsle enligt drivmedelslagen/hållbarhetslagen (DML/HBL) eller från Månatlig bränslestatistik (MåBra). Vissa utsläpp beräknas dock med modeller.

Vägtrafikens bränsleförbrukning och utsläpp beräknas med vägtrafikmodellen HBEFA⁶ och justeras för att stämma med de nationella bränsleleveranserna (baseras på MåBra⁷ t.o.m. 2017 och därefter rapporteringen enligt DML/HBL⁸). Aktivitetsdata för naturgas och biogas kommer från undersökningen ”Leveranser av fordonsgas”.

⁵ Energimyndigheten, 2022. Årlig energibalans – beskrivning och dokumentation. [https://www.energimyndigheten.se/4b012d/globalassets/statistik/officiell-statistik/statistikprodukter/arl原因-energibalans/bas/dokumentation-och-beskrivning-master-version-2021_1.pdf]

⁶ <https://www.hbefa.net/e/index.html>

⁷ Månatlig bränsle-, gas- och lagerstatistik. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/manatlig-bransle-gas-och-lagerstatistik/>

⁸ DML: Drivmedelslagen. HBL: Hållbarhetslagen

De bränslen som producerar biogena koldioxidutsläpp inom vägtrafiken är etanol (ETBE, Biobensin, bionafta), FAME (HVO), biogas och LBG (flytande biogas).

För arbetsmaskiner beräknas bränsleförbrukning och utsläpp med Arbetsmaskinsmodellen⁹. På samma sätt som för HBEFA justeras bränslemängderna för att stämma med leveransdata, och utsläppen av fossil och biogen koldioxid beräknas därefter. Bränsleleveranserna baseras på MåBra t.o.m. 2017 och därefter rapporteringen enligt DML/HBL¹⁰. De bränslen som producerar biogena koldioxidutsläpp för arbetsmaskiner är etanol (ETBE, biobensin) och FAME (HVO).

Sjöfartens totala bränsleförbrukning kommer från MåBra. De bränslen som ger biogena koldioxidutsläpp för sjöfarten är FAME (HVO) och LBG, men förbrukningen av biodiesel från inrikes sjöfart är i dagsläget försumbar.

I statistiken för växthusgaser görs antagandet att fritidsbåtar enbart använder ren fossil diesel och därför beräknas inga biogena utsläpp av koldioxid från dessa.

Biogena koldioxidutsläpp förekommer i dagsläget inte från järnvägstransporter. Utsläpp från järnvägstransporter omfattar inte utsläpp från produktion av den el som järnvägstransporterna förbrukar.

Flygets bränsleförbrukning och utsläpp beräknas med FOI3-metoden, utvecklad av FOI¹¹. Både bränsleförbrukningen och utsläppen justeras för att stämma med leveranserna i MåBra, eftersom modellen utgår från ideala flygvägar i sina beräkningar och således både underskattar bränslemängderna och utsläppen. Det finns enbart små mängder biogen flygfotogen i dagsläget eftersom reduktionsplikten för flyget infördes först 1 juli 2021. Data över biogent flygfotogen baseras på data från MåBra.

Biogena bränslen som förekommer inom energisektorn är: Avfall (biogen fraktion), Svartlut, Biogas, Deponi/röttgas, Etanol, FAME, biogen Flygfotogen, LBG, Träbränslen och Övriga biomassa. Utsläppen av växthusgaser (koldioxid, metan och lustgas) räknas ut med hjälp av emissionsfaktorer och bränsleförbrukningen per bränsle och sektor.

Emissionsfaktorer för biogena koldioxidutsläpp inom energisektorn redovisas i tabell 1.

⁹ Fridell, E., Jernström, M., Lindgren, M., 2008. Arbetsmaskiner – Uppdatering av metod för emissionsberäkningar. SMED report 39 2008

¹⁰ DML: Drivmedelslagen. HBL: Hållbarhetslagen

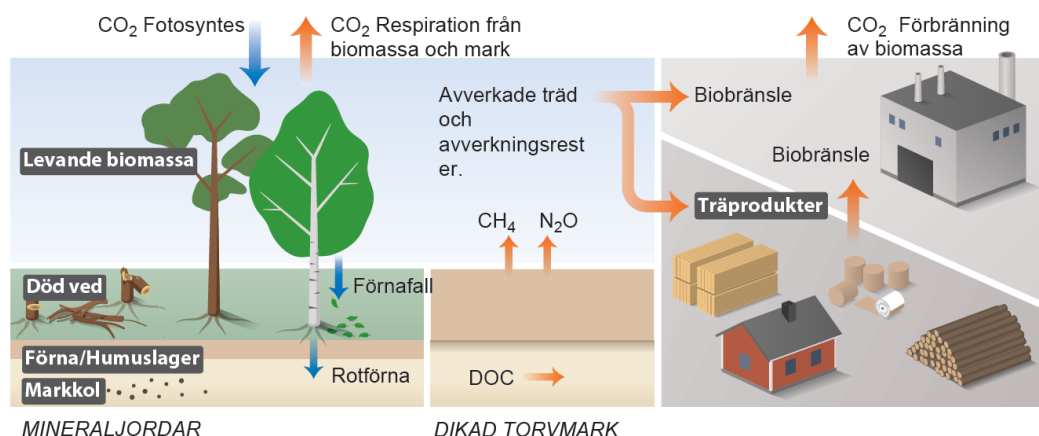
¹¹ Mårtensson, T. & Hasselrot, A. 2013. Beräkning av avgasemissioner från flygtrafik - Beskrivning av FOI3-metoden. FOI-R--3677—SE. ISSN 1650-1942

Tabell 1. Emissionsfaktorer för biogena utsläpp av koldioxid per bränsle i energisektorn

Sektor	Bränsle	Emissionsfaktor (kg CO ₂ /GJ)
Stationär förbränning	Avfall (biogen fraktion)	58,54
	Deponi-/Rötgas-/Biogas	93
	Tall och beckolja	76
	Träbränslen	105
	Övriga biomassa	81
	Svartlut, lignin	105
	Mobila utsläpp	Biogas
Etanol		71,00
ETBE		73,24
Biobensin		74,42
FAME		75,60
HVO		71,55
LBG		56,35

Beräkning av skogens kolbalans i LULUCF-sektorn

LULUCF-rapporteringen omfattar framför allt förändringar i kolförråd i levande biomassa, död ved (inkluderar stubbar), förna (inkluderar förna och markens humuslager) och markkol (Figur 2). I LULUCF-sektorn redovisas också växthusgasutsläpp från skogsgödsling, utsläpp av växthusgaser från dränerad mark, utsläpp från torvproduktionsmark och producerad odlings-torv, utsläpp av lustgas (N₂O) från mineralisering, utsläpp från bränder i skog samt inlagring av kol i trä- och pappersprodukter där kolet binds en kortare (papper) eller längre tid (sågade trävaror). I detta projekt fokuserar vi på kolpoolerna levande biomassa, död ved, förna (de växtdelar som definitionsmässigt är för klana för att hamna under död ved) samt trä- och pappersprodukter.



Figur 2. Figuren visar kolets kretslopp i förhållande till de kolpooler (vit text med grå bakgrund) som redovisas i klimatrappporteringen. Kolförrådsförändringar som rapporteras representerar skillnaden mellan inflödet och utflödet av kol för en kolpool. För kolpoolen levande biomassa representerar kolförrådsförändringen skillnaden mellan upptag genom fotosyntes och utsläpp på grund av respiration, avverkning och naturlig avgång.

Den grundläggande principen för LULUCF är att redovisa förändringar i kolförråd (se nedan). Förändringar i kolförråd beräknas som skillnaden i förråd mellan två tidpunkter, normalt skillnaden mellan två inventeringar inom Riksskogstaxeringen (RT) eller Markinventeringen (MI). Det ger en metodmässig och rumslig konsistens över tid eftersom skattningen baseras på återinventerade provytor på alla brukade ägoslag. Men metoden innebär också att de ingående flödena, för levande biomassa tillväxt och avgång genom avverkning och naturlig avgång, inte kan redovisas separat.

Alternativet är då att göra skattningen efter tillväxt och avgång men det skulle innebära att variablerna mäts på olika provytor eller med andra datakällor samt, av mättekniska skäl, för olika tidsperioder vilket skapar stora osäkerheter i beräkningarna. Principerna för en sådan skattning för levande biomassa beskrivs också nedan.

Konsekvensen av metoden som används för uppskattningen av nettoförändringen i LULUCF-sektorn är att ett ökat eller minskat uttag av virke eller trädbränsle från skogen avspeglas i nettoförändringen för kolförråden i skogsekosystemen. En ökad avverkning minskar nettoupptaget i levande biomassa (om inte tillväxten ökar i samma takt) men ger ett ökat inflöde till kolpoolerna död ved, grov förna och träprodukter. Om det också resulterar i ett nettoupptag i dessa kolpooler beror på respektive förråds storlek eftersom kvarvarande mängd i respektive pool är under nedbrytning. Under många årtionden har tillväxten i Sverige ökat vilket innebär att även om avverkningsnivån också ökat så har biomassa-förrådet fortsatt öka.

Förändringar i kolpoolerna levande biomassa, död ved, stubbar, grov förna

Ramen för Riksskogstaxeringens stickprov består av ett rutnät av inventeringstrakter som täcker hela Sveriges land och sötvattensareal inklusive en liten del av havet för att även omfatta eventuella öar¹². Ramen är indelad i ca 30 strata som i princip motsvarar län där stickprovsintensiteten per strata är noga avvägd. En trakt består av cirkulära fältmätta provytor organiserade längs sidan av en fyrkant och för denna fyrkant av provytor varierar avståndet mellan provytor beroende på strata. Trakten utgör stickprovsenheten och den inventerade arealen av en enskild trakt kommer därmed att representera en större areal i skattningen och alla trakter kommer tillsammans att representera hela Sveriges land och sötvattensareal. Det finns både tillfälliga och permanenta provytor och i klimatrapporteringen används de ca 30 000 permanenta provytorna för att kunna följa förändringar på provytorna, 6 000 provytor inventeras årligen i en femårig cykel.

Levande biomassa

Levande biomassa ovan mark inkluderar all levande biomassa över ett tänkt stubbskär (1 % av trädhöjd) inkluderande stam med bark, grenar, frön/kottar och barr (ej löv) och avser alla träd med en höjd om minst 1,3 m. Levande biomassa under mark definieras som stubbe med rötter med en diameter överstigande 2 mm och avser alla träd med en höjd om minst 1,3 m. De finare rötterna, (<2 mm), ingår i endera poolen förna eller markens organiska material beroende på var de påträffas.

Levande biomassa ovan mark skattas genom att tillämpa Marklunds¹³ biomassafunktioner på träd inventerade på Riksskogstaxeringens permanenta provytor. Levande biomassa under mark skattas genom att tillämpa Petersson och Ståhls¹⁴ biomassafunktioner på motsvarande träd.

De viktigaste oberoende variablerna för att skatta trädbiomassan är stamdiameter mätt 1,3 m över marken och trädslag. Dessa variabler mäts på varje träd större än 1,3 m och dessutom bestäms positionen för varje träd med diameter större än 99 mm. Hälften (50%) av biomassan (torr vikt) utgör kol och för att konvertera kol till koldioxid används faktorn 44/12.

¹² Ranneby, B., Cruse, T., Häktlund, B., Jonasson, H., and Swärd, J. 1987. Designing a new national forest survey for Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 177, 29 p.

¹³ Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering, rapport 45. 73 sidor ISSN 0348-0496.

¹⁴ Petersson, H., and Ståhl, G. 2006. Functions for Below Ground Biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *B. pubescens* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(Suppl 7): 84-93.

Nettoförändringen i kolförråd i levande biomassa skattas som skillnaden i förråd mellan två investeringstillfällen. Åren mellan två inventeringar interpoleras och år då inventeringsdata saknas extrapoleras.

Död ved inklusive stubbar

Död ved definieras som stamvedsbiomassa för stående och liggande död ved och stubbar. Liggande död ved ska vara minst 1,3 m lång och med en diameter av minst 10 cm. Stubb och rotsystem inkluderar döda rötter ner till 2 mm i diameter.

På Riksskogstaxeringens provytor inventeras volymen död ved per nedbrytningsgrad och (om möjligt) per trädslag. Volym per nedbrytningsgrad konverteras till biomassa-förråd och vidare till kol/koldioxid med hjälp av konstanter¹⁵. Skattningen är tämligen osäker på årsbasis varför resultaten baseras på utjämnade medelvärden för flera år.

Nettoförändringen i kolförråd i liggande och stående död ved skattas som skillnaden i årligt förråd där förrådet för ett enskilt år baseras på medelvärdet av upp till fem års mätningar.

Stubbar och rotsystem skattas med en modell som tar hänsyn till hur mycket stubbar som skapas och hur snabbt de bryts ner. Mängden skapade stubbar baseras på *avverkad biomassa* som i sin tur skattas från *uppmätt tillväxt* och *nettoförändringen i levande biomassa*. En konstant (1 m³sk antas motsvara 184 kg stubb- och rotbiomassa) används för att beräkna biomassan i stubbar och rötter. Nedbrytningen modelleras med en nedbrytningsfunktion¹⁶.

Skillnaden mellan tillförd biomassa och nedbruten biomassa ger skillnaden i kolförråd för stubb- och rotsystem.

Grov förna

Förnapoolen delas in i årsförna, grovförna och humuslager. För denna studie är endast grovförnan intressant. Grov förna utgörs av dött organiskt material mellan 10 och 100 mm i diameter (grövre material än 100 mm betecknas som död ved, och finare än 10 mm som årsförna). Grov förna skattas som 15 % av mängden/förändringen av kolpoolen död ved (se ovan).

¹⁵ Sandström, F., Petersson, H., Kruys, N. & Ståhl, G. 2007. Biomass conversion factors (density and carbon concentration) by decay classes for dead wood of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. in boreal forests of Sweden. *Forest Ecology & Management*, 243: 19-27.

¹⁶ Melin Y., Petersson H., Nordfjell T. 2009. Decomposition of stump and root systems of Norway spruce in Sweden - a modelling approach. *Forest Ecology and Management* . 257: 5, 1445-1451

Träprodukter (HWP)

Sedan 2012 beaktas kolinlagringen i träprodukter (benämns härnäst HWP, harvested wood products) i klimatrapporeringen. HWP definieras som all biomassa som tas tillvara vid avverkning. Principen med HWP är att på ett mer korrekt sätt allokera utsläppen när de faktiskt sker. Långsiktigt kan HWP utgöra en kolsänka om avverkningen och mängden som används till produkter som används under lång tid ökar. Tidigare redovisades all avverkning av biomassa som direkta utsläpp vilket innebär att allt som tas tillvara vid avverkningar antas gå tillbaka till atmosfären som koldioxid inom samma år.

Hur länge kolet lagras i HWP varierar stort, från avverkningsrester som förbränns samma år till att byggas in i byggnader och där lagras i flera sekler. Utsläppen av koldioxid från HWP som bryts ner eller förbränns kan vara i paritet med, eller högre än mängden koldioxid inbunden i producerad mängd HWP och då sker ingen ökning av kolförrådet i HWP. Om produktionen däremot är högre än förbränning och nedbrytning kan HWP i kolrapporterings-sammanhang betraktas som en kolsänka. Exempelvis kan en gynnsam konjunktur resultera i en hög produktion av trähus medan mängden hus som rivs under samma period inte är större än normalt vilket ger en ökning av kolförrådet i trähus.

Beräkning av nettoinlagring i träprodukter (HWP)

För beräkning av nettoinlagring i HWP för rapportering under UNFCCC och EU används IPCC:s metodik¹⁷ enligt den så kallade produktionsansatsen (production approach, PA). Beräkningssätten som beskrivs av IPCC åtskiljs av hur handeln av trävaror hanteras, samt av hur utsläpp och upptag ska fördelas mellan länderna.

Med PA beräknas kolförrådets förändring baserat på den skogsråvara som avverkats inom landet oavsett var råvaran eller produkterna så småningom hamnar. Det innebär att importerade trävaror exkluderas i beräkningarna medan produkter som exporteras räknas med för det land som producerat råvaran. För Sveriges del är exporten en betydande del av nettoupptaget i HWP.

De data som används i beräkningarna kommer från Skogsstyrelsen och innehåller uppgifter om produktion, export och import av råvara (rundvirke, flis, massa) samt halvfabrikat som sågade trävaror, träbaserade skivor och papper, från och med 1900. Beräkningarna baseras på data om halvfabrikat.

¹⁷ IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

För varje år beräknas inflöde av kol i respektive kategori. Inflödet beräknas som producerad mängd multiplicerad med kvoten mellan råvara med inhemskt ursprung och total mängd råvara för att exkludera halvfabrikat som härrör från importerad råvara.

Inflödet multipliceras därefter med en nedbrytningsfaktor som beskriver den andel som varje år försvinner i form av spill från inflödet, som då antas avgå till atmosfären som koldioxid. Även förrådet från året före multipliceras med en nedbrytningsfaktor och adderas sedan till inflödet varvid förrådet för innevarande år erhålls. Nedbrytningsfaktorn beräknas som funktion av halveringstid (antal år det tar för hälften av trä- och pappersvarorna att förbrukas). Halveringstiderna som används är 35, 25 och 2 år för sågade varor, träbaserade skivor respektive pappersprodukter. Kolförrådets förändring för innevarande år beräknas sedan genom att förrådet för innevarande år subtraheras från förrådet nästkommande år.

I de fall då tidsserier inleds senare än år 1900 har en procentuell minskning från första året med data och bakåt i tiden om 5 % antagits för att skapa en komplett tidsserie från år 1900.

I klimatrapporteringen baseras det beräknade utflödet för varje produktkategori på det uppskattade historiska förrådet och tillkommande förråd.

För mer detaljer om beräkningarna hänvisas till Sveriges årliga inventeringsrapport.

Alternativ beräkning av nettoförändringar i LULUCF-sektorn

Som redan nämnts beräknas nettoupptaget i LULUCF-sektorn framförallt som skillnad i förråd. Sverige har valt att använda förrådsmetoden för de flesta kolpooler eftersom det skapar metodmässig och rumslig konsistens över tid genom att skattningen baseras på återinventerade provytor på alla brukade ägoslag inom Riksskogstaxeringen. Men nettoupptag kan också grovt skattas från tillväxt och avgång (upptag/utsläpps-metoden).

Det finns två viktiga skillnader mellan dessa två sätt att skatta kolförrådsförändring. Den första är att med förrådsmetoden beräknas biomassa-förrådet för varje enskild provyta på samma sätt, dvs. skattningen avspeglar verkliga skillnader på ett bra sätt medan upptag/utsläpps-metoden måste använda medeltal för förhållandet mellan biomassa och volym för all skog (eller delmängder av all skog) för omräkning till koldioxid. Den andra skillnaden är att uppmätt tillväxt i Riksskogstaxeringen motsvarar ett 10- års medelvärde medan avverkning antingen är årlig (Skogsstyrelsen) eller

motsvarar ett medelvärde för flera avverkningssäsonger vilket innebär att de olika flödena motsvarar olika tidsperioder.

Om metoden med tillväxt och avgång används kan flödena skattas grovt med data från Riksskogstaxeringen. Man kan också bedöma hur mycket av den avverkade biomassan (stubbar, grenar och barr samt kvarlämnat rundvirke) som lämnas kvar på avverkningsplatsen och så småningom bryts ner så att kolet går tillbaka till atmosfären i form av koldioxid. Det går dock inte avgöra vad träråvaran används till utan kompletterande information om produktion av olika sortiment (se under träprodukter, HWP, ovan).

I genomsnitt (de senaste åren), hamnar lite drygt 20 % i halvfabrikat med lång omloppstid, det vill säga sågade trävaror och träbaserade skivor (benämns trävaror) medan resterande 80 % omsätts betydligt snabbare och återgår till atmosfären i huvudsak genom förbränning.

Kartläggning av biomassaflöden med ursprung i svensk skog som kan förknippas med svensk bioenergi

I detta kapitel görs en övergripande, schematisk kartläggning av biomassaflöden i Sverige, inklusive export och import, som har betydelse för en samlad bedömning av klimatpåverkan från de delar av skogsbruk och användning av skogsråvara som kan förknippas med energiproduktion från biogent bränsle i Sverige (LULUCF), med fokus på skogsbränsle. I Figur 3 nedan illustreras hur trädens totala biomassatillväxt fördelas (A) och hur den tillvaratagna biomassan fördelas mellan olika produktkategorier och spill (B).

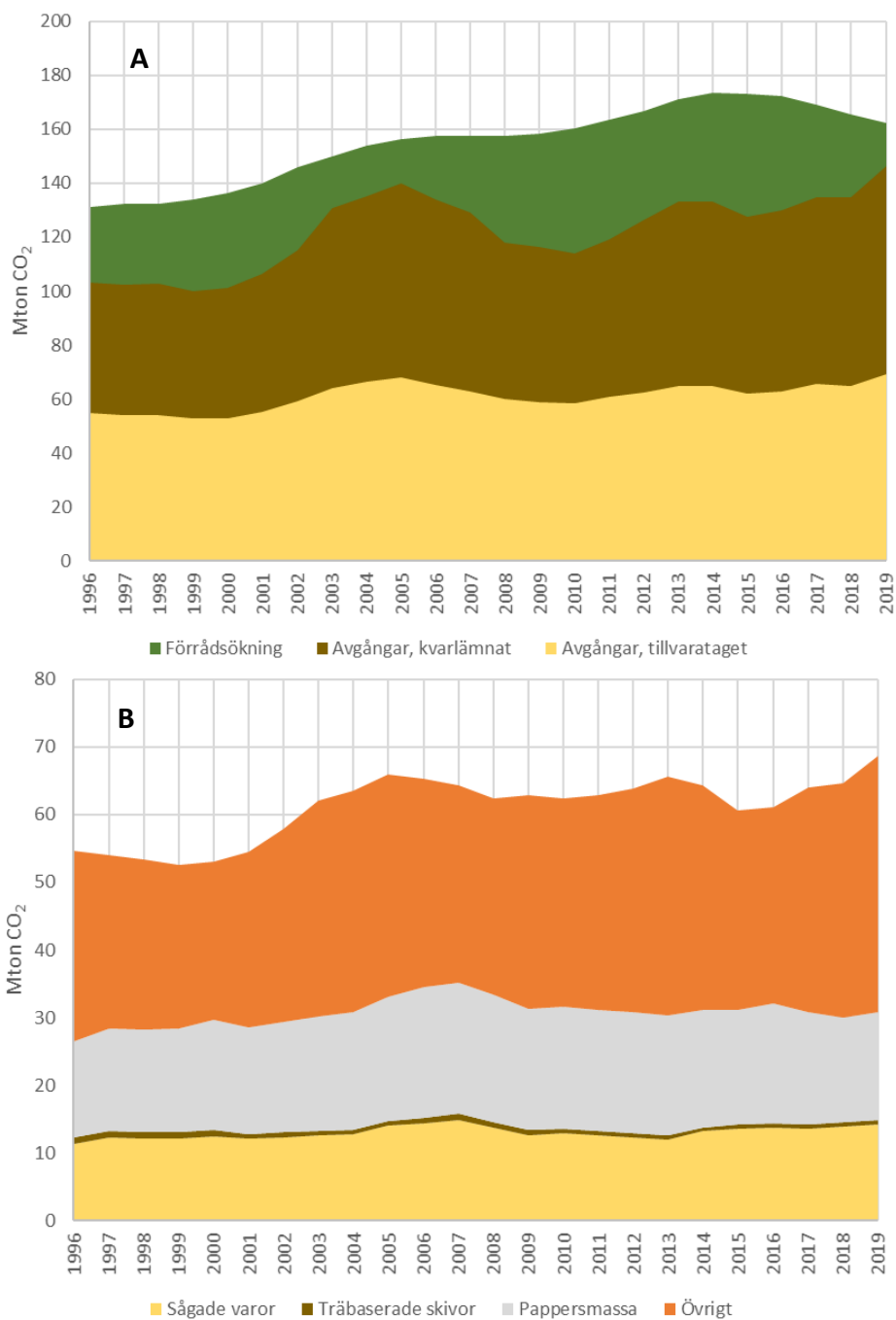
Sveriges skogar tillväxer motsvarande ca 160 miljoner ton koldioxid varje år, medan avverkning och övrig avgång motsvarar ungefär 130 miljoner ton koldioxid per år (se tabell 2). Ungefär hälften av den avverkade biomassan (stubbar, toppar, småträäd, grenar och barr samt kvarlämnat rundvirke) lämnas kvar på avverkningsplatsen och bryts så småningom ner och kolet går då tillbaka till atmosfären i form av koldioxid. Rundvirket inkl. bark som togs tillvara de senaste 5 åren vid avverkning motsvarade ungefär 64 miljoner ton koldioxid per år i medeltal, dvs ungefär hälften av den avverkade biomassan. Under samma period motsvarade nettoimporten (import-export) av råvaror (rundvirke, flis) ca 7 miljoner ton koldioxid. Tillförseln av råvaror till industri motsvarade alltså nästan 70 miljoner ton koldioxid, inklusive brännved och annat som används direkt av hushållen. Av detta producerades pappersmassa motsvarande drygt 22 miljoner ton koldioxid varav en tredjedel exporterades. Återstoden användes, tillsammans med returpapper motsvarande 2 miljoner ton koldioxid, till produktion av papper motsvarande 17 miljoner ton koldioxid varav 95% exporterades. Produktionen av träprodukter (sågade trävaror och träbaserade skivor) motsvarade 15 miljoner ton koldioxid, varav ungefär 70 % exporterades. Av den tillvaratagna plus importerade mängden råvara blev alltså drygt 20 % träprodukter varav 70 % gick till utlandet, vilket innebär att ca 8 % av det konsumerade rundvirket vidareförädlades i den svenska bygg- och snickeriindustrin. Ungefär hälften av rundvirket blir alltså pappersmassa och träprodukter. Resten (brännved, flis, spån, bark, svartlut) används främst till energiframställning (ca 32 miljoner ton koldioxid). Utöver rundvirket tas avverkningsrester tillvara för energiproduktion motsvarande ca 3,5 miljoner ton koldioxid. Flödena redovisas även i Tabell

2 men då endast med ursprung svensk skog, det vill säga flöden som ingår i LULUCF.

Tabell 2. Upptag och avgång av koldioxid. Skogens kolbalans och användning av skogsråvara i samhället. Import ingår inte. Värdena i tabellen representerar oftast medelvärden för perioden 2017-2021.

Skogens kolbalans	Upptag (-) /avgång (+) (miljoner ton CO₂)	
Tillväxt	160	
Avverkning+naturlig avgång	-130	
<i>Tillvaratagen skogsbiomassa</i>	<i>-64</i>	
<i>Biomassa som lämnas kvar i skogen</i>	<i>-66</i>	
Förrådsuppbyggnad i levande biomassa	30	
Användning av skogsråvara i samhället	Upptag/avgång (milj. ton CO₂)	Andel av årlig tillvaratagen avverkning
Tillvaratagen avverkning	-64	
Uppbyggnad av förråd i produkter		
Total produktion av träprodukter	15	23 %
<i>Export av träprodukter</i>	<i>10</i>	
Total prod. av pappersmassa	17	27 %
<i>Export av pappersmassa</i>	<i>5</i>	
<i>Export av pappersprodukter</i>	<i>11</i>	
Omedelbar avgång, energiproduktion		
Rester (brännved, flis, spån, bark, svartlut)	32	50 %
<i>Brännved</i>	<i>4,6</i>	
<i>Svartlut</i>	<i>14,5*</i>	
<i>Flis, spån, bark mm</i>	<i>12,9**</i>	
Avverkningsrester	3,5	

* Från tabell 3. Används för att skatta mängden övriga restprodukter (**) utifrån totala mängden rester på 32 miljoner ton koldioxid.



Figur 3. A: Total biomass tillväxt för levande träd i svensk skog (skogsmark enligt internationell definition) uttryckt i miljoner ton koldioxid och hur den fördelas mellan förrådsökning i skogen (grönt) och avgång (brunt+gult). Avgång består av avverkning och naturlig avgång, brunt är kvarlämnad biomassa och gult är tillvarataget rundvirke + avverkningsrester. B: Motsvarar gult fält i figur A och hur det fördelas mellan olika produktkategorier (sågade varor, träbaserade skivor och pappersmassa), samt övrigt (bark, spån, flis, brännved, svartlut mm och avverkningsrester) som huvudsakligen utnyttjas för energiproduktion.

De skogliga biomassaflödenas koppling till rapporteringen av LULUCF-sektorn

Biomassaflödena ingår i beräkningarna för LULUCF-sektorn. Nettot av bruttotillväxt och totala avgångar leder till en förrådsuppbyggnad på ca 30 miljoner ton koldioxid och rapporteras som (negativt) utsläpp från kolpoolen Levande biomassa (grönt fält i Figur 3 A). Alla avgångar (naturlig avgång, avverkning) utgör ett utflöde från Levande biomassa. Avgångar som inte tas tillvara (naturlig avgång, avverkningsrester som t.ex. stubbar, etc.) blir inflöde till kolpoolen Dött organiskt material. Av avgångar som tas tillvara blir en del inflöde till kolpoolen HWP i form av halvfabrikaten sågade varor, träbaserade skivor och papper, medan den del av den tillvaratagna råvaran som inte blir HWP inte räknas som inflöde till någon av kolpoolerna utan ingår endast som utflöde från Levande biomassa. Observera att förrådsuppbyggnaden som illustreras här skiljer från inrapporterade siffror på grund av skillnader i bakomliggande data och beräkningsmetoder.

Kartläggning av ursprunget för biomassa som används vid förbränning av biobränsle

I detta kapitel görs en schematisk kartläggning och kvantifiering av flöden och ursprung (inhemsk produktion och import) av den biomassa som utgör biobränsle i Sverige och som ingår i emissionsberäkningarna för CO_2 *emissions from biomass* och som redovisas som 'memo items' för 2021. I kartläggningen ingår både stationär förbränning och mobila utsläpp. Såväl råvara med ursprung i inhemskt skogsbruk som från jordbruket ingår i kartläggningen.

Energisektorns biogena utsläpp var 53 miljoner ton koldioxid ('memo items' i CRF-tabellen) 2021, enligt klimatrapporeringen. Dessa utsläpp fördelas mellan 12 olika bränslekategorier (se tabell 3). De största posterna av biogena utsläpp kommer från förbränning av svartlut och träbränslen, tillsammans utgör de ca 74% av alla biogena utsläpp. Av dessa utsläpp har utsläpp från importerat biobränsle skattats till totalt 20% för 2021.

Tabell 3. Energiförbrukning och koldioxidutsläpp från bibränslen för energisektorn enligt klimatrapporeringen samt skattade utsläpp från importerat bibränsle 2021

Bränsle	Förbrukning (TJ)	Utsläpp (Gg CO ₂)	Varav utsläpp från importerat bibränsle (Gg CO ₂)	Inhemska utsläpp (Gg CO ₂)	Andel importerade CO ₂ -utsläpp %	Ursprung
Avfall	43227	4194	2170	2024	52%	Hushåll, kommunalt avfall
Svartlut	161914	17001	2550	14451	15%	Skogsbruk
Biogas	5095	286	186	100	65%	Avloppsreningsverk, deponier samt industri-, samrötnings-, gårds- och förgasningsanläggningar
Deponi/rötgas	4310	401	140	261	35%	Se biogas
Etanol	5377	383	287	96	75%	Mestadels importerat
FAME	65241	4710	4521	189	96%	Mestadels importerat
Flygfotogen bio	23	2	2	0	100%	Mestadels importerat
LBG	416	23	15	8	65%	Mestadels importerat
Tall- och beckolja	10820	822	0	822	0%	Skogsbruk
Träbränsle	213547	22422	1141	21281	5%	Skogsbruk ¹
Träkol	847	95	92	3	97%	Mesta importerat
Övrig biomassa	33135	2700	0	2700	0%	Jord och skogsbruk, industrier ¹
Totalt	543951	53038	10390	42648	20%	

¹ Förädlade och icke förädlade träbränslen med ursprung från skogen. Beroende på hur råvaran processas redovisas en del som träbränsle och en del i kategorin övriga biomassa och avgörs av hur förbränningsanläggningarna rapporterar förbränt bränsle i energiundersökningarna.

Det finns i dagsläget ingen samlad statistik på hur mycket av varje bränsle som är importerat. För att skatta hur stor andel av de nationella biogena utsläppen som kommer från importerat bränsle används en rad olika källor och antaganden.

Avfall består mestadels av förbrända sopor inom el- och fjärrvärmesektorn. I statistiken för växthusgaser delas avfallet/soporna in i en fossil och en biogen del. Denna fraktionering baseras på anläggningsspecifika uppgifter från EU:s utsläppshandelsdatabasen (ETS)¹⁸. För 2021 var andelen biogena koldioxidutsläpp 60%. En del av avfallet importerar; 2016 var andelen av förbränd mängd sopor för energiändamål från importerade sopor ca 20 % och har sedan dess ökat till att 2021 uppgå till 52%¹⁹.

Svartlut produceras inom pappers- och massaindustriernas sulfatprocess som en biprodukt. Denna typ av bränsle skattas till att till 85%²⁰ ha ett inhemskt ursprung och förbränns till stor del internt inom pappers- och massaindustrierna.

Biogas och deponigas/rötgas är för det mesta importerat från Danmark. Mellan 2015 och 2021 har den importerade andelen ökat kraftigt, och är 2021 lika stor som den inhemska produktionen, dvs 52% importerades. Den svenska inhemska biogasen produceras främst hos samrötningsanläggningar följt av avloppsreningsverk. Gas från deponier, industrianläggningar och gårdsanläggningar utgör en mindre del (energias.se)²¹. Biogas används främst inom mobila sektorn medan deponigas/rötgas förekommer i alla kategorier inom stationär förbränning, dvs el- och fjärrvärmeproduktion, industrier och övrig sektor. Det finns ingen export/import statistik utan det finns nettoimport, dvs import-export.

Etanol importerar till stor del, och 2021 var importen av den totala användningen av etanol 75%²².

FAME (låginblandad biodiesel) har ökat sedan 2010 ökat i takt med att dieselbilsförsäljningen ökat. FAME kan både användas som ren biodiesel eller låginblandas med fossil diesel. FAME kallas även för RME (rapsmetylester), och framställs till största delen av raps. När det gäller

¹⁸ Naturvårdsverket. 2022.

[<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/utslappshandel/>]

¹⁹ Naturvårdsverket. 2022. [<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/avfall/avfall-import-export/>]

²⁰ Klimatrapporteringsunderlag från Skogsstyrelsen

²¹ Energigas Sverige. 2022. Produktion av biogas och rötrester och dess användning år 2021. (https://www.energigas.se/media/cgkvm3p/biogasstatistikrapport_2021_webb.pdf)

²² Energimyndigheten. 2021 Drivmedel 2021 ER 2022:08.

FAME produceras merparten i Sverige, men ca 80 % av själva råvarorna importeras från Tyskland, Litauen, Danmark och Lettland²³.

LBG (flytande biogas) är biogas, naturgas eller en blandning av biogas och naturgas. Under 2016 stod den inhemska produktionen av biogas för 89%²⁴. Under 2021 antas all biogas produceras i Sverige.

Information om andel importerad Flygfotogeten är bristfällig och därför görs antagandet att importeras till 100%.

Träbränsle består av en rad olika produkter. Dels är det förädlade produkter, som pellets och briketter, dels är det icke förädlade produkter som vedbränsle, träavfall, flis, spån, grenar och toppar. Det importerade träavfallet uppgår till 0,35 miljoner ton²⁵. Övriga importerade träprodukter som förekommer inom stationär förbränning uppgår till 2,5 miljoner ton. Och av dessa hamnar 0,6 miljoner ton träbränsle inom stationär förbränning för energiändamål. Träbränsle förbränns mest inom el- och fjärrvärmeproduktion, pappers- och massabruk och i övrig sektor (uppvärmning av småhus)²⁶. Produktion av sönderdelade oförädlade träbränslen fördelade på bränslekategori och råvarans ursprung, GWh, 2013- , klimatinventeringens underlag för GWP, Utrikeshandel med varor Träkol både importeras till och produceras i Sverige. Enligt uppgifter från FAO²⁷ importerade Sverige 2020 ca 29 000 ton träkol, exporterade ca 1,3 000 ton och producerade för inhemskt bruk ca 1 000 ton. Det mesta har därmed importerats då användningen var ca 29 000 ton. Denna förbränning ingår i övrig sektor (hushållens förbränning).

Övrig biomassa består av lösliga, fasta och gasformiga biobaserade bränslen. Detta är en övrig-kategori inom Kvartalsvis bränslestatistik och det finns inte alltid information om vad det är för bränsle som förbränns, men följande är exempel på vad som anges av företagen: A/C-bränsle, Bioolja, Fettsyrabränsle, Kött och benmjöl, Returpapper, Torkat rötslam (TRS), Övriga biogaser, Övriga bränslen, Övriga fasta biobränslen. Övrig biomassa förbränns mestadels inom el- och fjärrvärmeproduktionen, men förekommer i mindre mängder i industrins förbränning och i övrig sektor.

Bränslen som tillverkas av rester från skogsbruket (tex tall och beckolja) har antagits helt inhemska, då information om bränslets ursprung saknas.

²³ Energimyndigheten. 2021 Drivmedel 2021 ER 2022:08.

²⁴ Energimyndigheten. 2021 Drivmedel 2021 ER 2022:08.

²⁵ Avfall Sverige. 2021. Uttag från avfall Sveriges avfall. [web <https://avfallweb.se/>]

²⁶ Produktion av sönderdelade oförädlade träbränslen fördelade på bränslekategori och råvarans ursprung, Energimängder i GWh, klimatinventeringens underlag för GWP och Utrikeshandel med varor.

²⁷ FAO. 2022. Forestry Production and Trade data.

[<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>]

Övergripande schematisk kartläggning av totala flöden av biomassa i Sverige

I detta kapitel försöker vi dels sammanfatta och skapa en länk mellan redovisningen av flöden av biomassa i LULUCF-sektorn och redovisningen av biogena koldioxidutsläpp under 'memo items', dels skapa en mer heltäckande bild över flöden av biogen koldioxid i samhället.

Flöden av biogent producerad råvara och redovisade utsläpp

I detta avsnitt görs ett försök att sammanställa alla flöden av biogent producerad råvara och produkter från denna råvara som har en koppling till de växthusgasutsläpp som redovisas till EU och UNFCCC. Vi undersöker därmed om det finns underlag för att sammanställa en övergripande årlig kolbalans för biomassa inom Sveriges gränser baserat på tillgänglig statistik.

Tabell 4. Koldioxidutsläpp från biobränslen som ingår i nettoberäkningen i LULUCF och som representerar ett medelvärde för perioden 2017-2021 samt utsläpp redovisade som 'memo items' i energisektorn enligt klimatrapporteringen 2021

LULUCF (CRF-kategori)	Inhemska utsläpp från inhemsk skogsråvara (miljoner ton CO ₂)	Memo items (i CRF, 1A)	Inhemska utsläpp från förbränning av biomassa (miljoner ton CO ₂)
Kasserade trävaror (4.G, HWP)	3,5	Tall- och beckolja	0,8
Kasserade pappersprodukter (4.G, HWP)	0,4	Svartlut	14,5
Avverkningsrester (4A, död ved)	3,5	Träbränsle	21,3
Brännved + flis mm + svartlut (4, levande biomassa)	32	Övrig biomassa	2,7
		Träkol	0,003
		Avfall	2,0
Totalt	39,4	Totalt	41,3

I tabell 4 redovisas den direkta avgången genom att den skogsråvara som går direkt till energianvändning kompletteras med den avgång som sker när produkter (HWP) i samhället kasseras (sågade träprodukter och pappersprodukter). Dessa utsläpp redovisas bara indirekt i LULUCF-sektorn (CRF 4) eftersom nettoupptag och nettoutsläpp dvs. upptag minus avgång/utsläpp, redovisas för kolpoolerna där. I tabellen uppgår utsläppen från kasserade trä- och pappersprodukter till närmare 4 miljoner ton koldioxid. Ytterligare närmare 20 miljoner ton av koldioxidutsläpp sker i de länder dit produkter baserade på svensk skogsråvara exporterats.

De inhemska utsläppen i LULUCF-sektorn kan jämföras med de utsläpp som sker i samhället och som redovisas under energisektorns *'memo items'*. Vi ser i tabell 4 att totalerna är av jämförbar storlek men inte riktigt matchar varandra. Skillnaderna kan ha flera orsaker:

- Utsläppen som redovisas för LULUCF är ett genomsnitt för en 5-årsperiod (2017-2021) medan utsläppen under *'memo items'* representerar 2021.
- Utsläppen från slutanvända produkter (trävaror och pappersprodukter) är modellerade utsläpp som baseras på genomsnittliga halveringstider för "nedbrytning" av produkterna i samhället vilket gör att de i stor utsträckning beror på hur stort det befintliga förrådet i samhället är, ett förråd som i sin tur har simulerats fram.
- Utsläppen från de olika sortimenten skattas i detta PM grovt med omräkningstal till skillnad från förrådsmätningarna av kolförråd i skogen som skattas genom återkommande inventering av kolförråd.
- Den biogena delen av avfall som framgår i tabell 4 går inte att separeras i fraktioner som härrör från Trävaror och pappersprodukter. Det innebär att de inhemska utsläppen på 2 miljoner ton koldioxid även omfattar biogena utsläpp som härrör från tex livsmedel.

Övergripande kartläggning av alla flöden av biogent producerad råvara och produkter från denna råvara

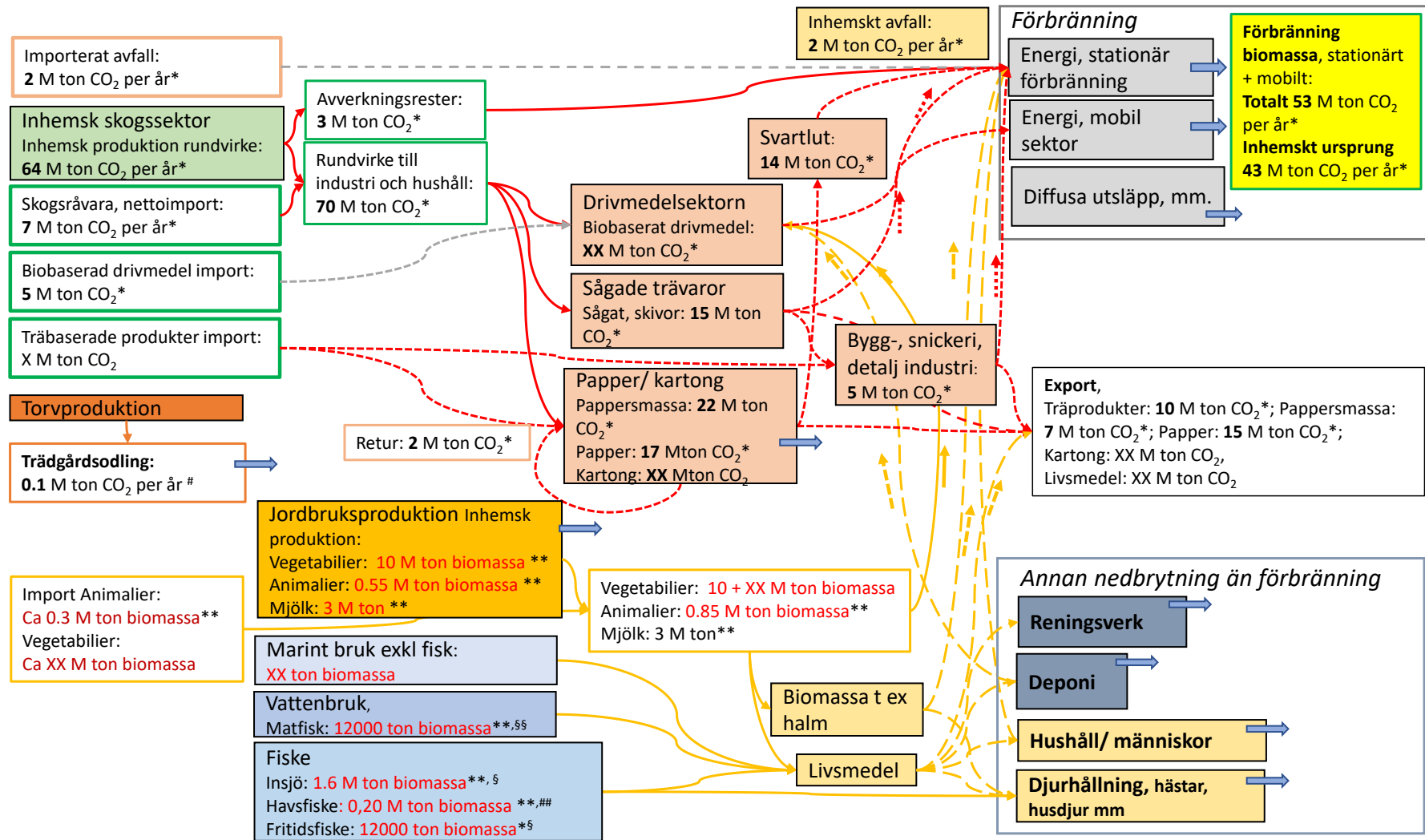
I detta avsnitt görs ett försök att övergripande kartlägga alla antropogent genererade flöden av biogent producerad råvara och produkter från denna råvara, som har en potential att bli biobränsle inom Sveriges gränser, inklusive produktion/import, användning och förbrukning/ export av biogen råvara/produkter. Uppgiften kan formuleras som att kartlägga material som flödar från naturen in i det svenska samhället, inklusive det material som importerats till Sverige minus det material som exporterats ut från Sverige. Vi undersöker därmed om det finns underlag för att sammanställa en övergripande ”årlig kolbalans” för biomassa inom Sveriges gränser.

En intressant frågeställning i detta sammanhang är hur stor andel av biogena material som flödar inom Sveriges gränser som avgår till atmosfären som koldioxid genom förbränning där energi tas till vara, och hur stor andel av biomassan går till atmosfären på andra sätt? Hur stor andel av dess strömmar blir bränsle för det som anges inom 'memo items' utsläpp från biomassa?

Uppgiften är omfattande, råvaruströmmarna är komplicerade och överlappande och en schematisk beskrivning av verkligheten blir därmed en förenkling. Avsikten är dock att ge storleksordningar på de mest betydande flödena där det är möjligt.

En första schematisk beskrivning av betydande flöden av biogent producerad råvara, inklusive import och export ges i figur 4. Strömmar och processer anges som miljoner ton koldioxid per år (svart font), alternativt miljoner ton biomassa friskvikt²⁸ (röd font). Vi har inte inom projektet haft möjlighet till att applicera konverteringsfaktorer mellan ton friskvikt och ton koldioxid för alla olika slag av biomassa. Om man antar en fukthalt på 50% och ett kolinnehåll hos den torra biomassan på 50% och multiplicerar med 44/12 för att gå från mängd kol till mängd koldioxid₂, då ligger flöden uttryckt som ton koldioxid och biomassa som ton friskvikt i samma storleksordning. I vissa fall har vi inom projektets ramar inte kunna kvantifiera vissa flöden, vilket indikeras med ett "X".

²⁸ Med friskvikt menas biomassans ursprungliga skick när den produceras, inklusive ett visst vatteninnehåll



Figur 4 (sidan 31). En översiktlig beskrivning av antropogena årliga strömmar, förbränning samt övrig nedbrytning av biogent producerad råvara, samt dess produkter inom Sveriges gränser, inklusive import och export. Alla strömmar och processer beräknas som koldioxid per år (svart font) alternativt som friskvikt biomassa (röd font). Flöden som inte kunnat kvantifieras markeras med "X". Röd heldragen pil, primära råvaruströmmar, skogsråvara; Röd streckad pil, sekundära råvaruströmmar, skogsråvara; Gul heldragen pil, primära råvaruströmmar, jordbruksprodukter, inkl akvakultur; Gul streckad pil, sekundära råvaruströmmar, jordbruksprodukter, inkl akvakultur; Grå heldragen pil, primära råvaruströmmar, övrigt; Grå streckad pil, sekundära råvaruströmmar, övrigt; Blå pil, processer där biogena utsläpp av koldioxid kan förekomma. Källor: * denna rapport; **Jordbruksverket "Livsmedelskedjan i Sverige. Fakta och statistik om produktion och konsumtion. Sammanställning maj 2020".²⁹

Utifrån den schematiska beskrivningen av flöden av biogent producerad råvara ovan kan några preliminära slutsatser dras.

- Flöden av biomassa med ursprung i skogssektorn är sannolikt i storleksordning minst fem gånger större jämfört med biomassa med ursprung i jordbrukssektorn
- Importen av biomassa med skogligt ursprung är i storleksordning en femtedel av den inhemska produktionen
- Tillförseln av biomassa från fiske och annat vattenbruk är relativt liten
- För att skatta hur stor andel av biogena material som avgår till atmosfären som koldioxid genom förbränning där energi tas till vara, jämfört med hur stor andel av biomassan går till atmosfären på andra sätt kräver kompletterande statistiska uppgifter utöver vad som har varit möjligt att ta fram inom detta projekt

²⁹<https://jordbruksverket.se/download/18.2aaaadab117518b8e8b0d6aca/1602683795267/Nationell-statistik-Sverige.pptx> ; #, National Inventory Report Sweden 2021.; ##, SCB, materialflödesräkenskaper, <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/pong/tabell-och-diagram/materialflodesrakenskaper/inhemska-materialkonsumtion-per-materialkategori-sverige/>; §, Havs- och Vattenmyndigheten, statistik. <https://www.havochvatten.se/fiske-och-handel/statistik-och-fakta.html> §§, Jordbruksverket statistik, <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-08-26-vattenbruk-2021>

Slutsatser, diskussion och rekommendationer

- Utsläpp av biogent koldioxid med ursprung i inhemskt producerad biomassa som ingår i LULUCF-sektorns nettoberäkningar och under energisektorns *'memo items'* (CO₂ emissions from biomass) är jämförbara vad gäller storleksordningen.
 - 39 miljoner ton koldioxid redovisas i LULUCF
 - 41 miljoner ton koldioxid i *'memo items'*
- Det finns ett antal underliggande förklaringar till att värdena inte stämmer helt, som dels har att göra med vilka år som dataunderlaget representerar, dels med den statistiska metoden för att samla in data. Jämförelsen av råvara från svensk skog stämmer inte heller helt överens med de delfraktioner som ingår under *'memo items'*, bl.a. finns osäkerheter om hur stor del av det biogena avfallet som härrör från skogsråvara (t.ex. pappersprodukter). Vår slutsats är emellertid att de statistikkällor som använts i denna studie indikerar att de korrelerar på ett tillfredställande sätt.
- Vi rekommenderar att motsvarande sammanställningar görs för fler år (kanske för vart femte år sedan 1990) och även i framtiden, i första hand med hjälp av de datakällor som använts i denna studie men på sikt med eventuellt förbättrade dataunderlag. Sammanställningarna behövs för att följa upp trender och skapa underlag för vilken betydelse användningen av svensk skogsråvara har för utvecklingen mot uppsatta klimatmål, såväl det svenska klimatmålet som inom EU och under Parisavtalet.
- Det har med tillgänglig statistik varit möjligt att spåra de stora flödena av biomassa för förbränning vad gäller inhemsk respektive importerade mängder. Det finns dock inneboende problem i att försöka följa biomassa som redovisas i LULUCF med den som redovisas i energisektorn. Avverkad biomassa ett år förbränns inte alltid samma år vilket främst är ett problem vad gäller avverkade träprodukter (HWP) som så småningom hamnar som utsläpp i energisektorn. Men för de stora flödena av biomassa som hamnar i energisektorn (dvs svartlut, trädbränsle) är uppehållstiden mellan avverkning och förbrukning oftast tillräckligt kort för en bra matchning av utsläppen mellan sektorerna.
- Ett första försök att övergripande kartlägga alla flöden av biogent producerad råvara och produkter från denna råvara, som har en potential att bli biobränsle inom Sveriges gränser, visade att flöden

av biomassa med ursprung i skogssektorn är i storleksordning minst fem gånger större jämfört med biomassa med ursprung i jordbrukssektorn. Tillförseln av biomassa från fiske och annat vattenbruk är liten. En skattning av hur stor andel av biogena material som avgår till atmosfären som koldioxid genom förbränning där energi tas till vara, jämfört med hur stor andel av biomassan som går till atmosfären på andra sätt, kräver kompletterande statistiska uppgifter utöver vad som har varit möjligt att ta fram inom detta projekt.

- Statistiken i denna studie kan användas till att ge en representativ bild av hur inhemsk skogsråvara används i samhället, hur stor andel som kommer från primär respektive sekundär råvara och hur mycket av de territoriella utsläppen av biogen koldioxid som härrör från importerad råvara. Underlaget kan ligga till grund för diskussionen om utvecklingen av bioekonomin och om en historisk tidsserie tas fram även belysa effekten av tänkbara strategier för att nå både utsläppsmål och EU:s mål om att öka nettoupptaget i LULUCF-sektorn.