



RAPPORT

Staffan Berg, Finn Englund, Anna Jarnehammar,
Robert Johansson, Eva-Lotta Lindholm

Kollagring i den skogsindustriella sektorn i Sverige

Trätetek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FÖRSKNING

Staffan Berg, Finn Englund, Anna Jarnehammar, Robert Johansson, Eva-Lotta Lindholm

KOLLAGRING I DEN SKOGSINDUSTRIELLA SEKTORN I SVERIGE

Trätek, Rapport P 0201001

ISSN 1102 – 1071

ISRN TRÄTEK – R – 02/001 – SE

Nyckelord

*atmospheric flow
carbon sequestration
forest industry
harvested wood products
IPCC
production approach
stock-change approach*

Trätek

**SKOG
FORSK**

Stockholm januari 2002

Rapporter från Trätek – Institutet för träteknisk forskning – är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från Trätek i löpande följd.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

Trätek – Institutet för träteknisk forskning – betjänar sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träförädlade industri), skivtillverkare och byggindustri.

Institutet är ett icke vinstdrivande bolag med industriella och institutionella kunder. FoU-projekt genomförs både som konfidentiella uppdrag för enskilda företagskunder och som gemensamma projekt för grupper av företag eller för den gemensamma branschen. Arbetet utförs med egna, samverkande och externa resurser. Trätek har forskningsenheter i Stockholm, Växjö och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), board manufacturers and building industry.

The institute is a non-profit company with industrial and institutional customers. R & D projects are performed as contract work for individual industrial customers as well as joint ventures on an industrial branch level. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and outside bodies. Our research units are located in Stockholm, Växjö and Skellefteå.

Förord

Regeringen har fastställt ett miljökvalitetsmål som rör begränsad klimatpåverkan. Målsättningen är att inom en generation stabilisera halten koldioxid i atmosfären till 550 ppm samt att halterna av övriga växthusgaser i atmosfären inte ökar. Den skogsindustriella sektorn i Sverige kan i dessa sammanhang räknas som en kolsänka där koldioxid från atmosfären tas upp av de växande träden och lagras i form av kol i skogens biomassa och mark. Skogen avverkas och trädet används för att tillverka pappersprodukter, trävaror eller byggnadsmaterialier. Kolet finns kvar i produkterna ända fram till dess att de eldas eller bryts ned i deponi då kolet frigörs och återgår till atmosfären.

För att beskriva skogens och dess produkters roll som kolsänka har några olika beräkningssätt föreslagits av Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Föreliggande rapport ger exempel på vilken roll den svenska skogsindustrin spelar vad gäller industrins bidrag till växthusgaser. Rapporten är den första delen i projektet "Kollagring i den träindustriella sektorn i Sverige" och visar resultatet av beräkningar enligt de av IPCC föreslagna beräkningssätten för hela den skogsindustriella sektorn i Sverige. I den andra och sista delen ska den träindustriella sektorns betydelse som kolsänka belysas.

Projektet är ett samarbete mellan Skogforsk och Trätek. Från Skogforsk har Staffan Berg och Eva-Lotta Lindholm deltagit och från Trätek Finn Englund, Anna Jarnehammar och Robert Johansson. En referensgrupp finns knuten till projektet och består av Erik Ling, Energimyndigheten, Klas Österberg, Naturvårdsverket samt Jan Remröd och Bertil Stener Skogsindustrierna. Projektdeltagarna vill tacka referensgruppen för dess insatser under denna första del i projektet.

Projektet har varit möjligt att genomföra tack vare finansiella medel från Energimyndigheten, Träteks kompetensutvecklingsprogram genom Ireco samt ramprogrammedel från Skogforsk.

Stockholm den 28 november 2001

Anna Jarnehammar, projektledare

Innehållsförteckning

	Sid
1. Inledning	5
2. Bakgrund	6
2.1 Definition av skogsmark	7
3. Metod	7
3.1 Beskrivning av beräkningssätten	10
3.1.1 IPCC-default sättet	10
3.1.2 Atmospheric-flow sättet	10
3.1.3 Production sättet	11
3.1.4 Stock-change sättet	11
4. Resultat för de olika beräkningssätten	12
4.1 IPCC-default sättet	12
4.2 Atmospheric-flow sättet	13
4.3 Production sättet	15
4.4 Stock-change sättet	16
4.5 En jämförelse av de fyra beräkningssätten	18
5. Känslighetsanalyser	20
5.1 Förrådet av kol i skogsprodukter	20
5.2 Känslighetsanalys för nettoinlagringen i skog och skogsprodukter vid varierad livslängd för långlivade produkter, dessas andel samt BEF	21
6. Diskussion och slutsatser	24
6.1 Diskussion	24
6.2 Slutsatser	26
7. Referenser	29

Bilaga 1. Resultat från beräkningarna

Bilaga 2. Beskrivning av de olika beräkningssätten

1 Inledning

Sverige har åtagit sig att regelbundet rapportera en nationell budget för växthusgaser i och med FN:s klimatkonvention (the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)). Riktlinjer för rapporteringen finns i 1996 års reviderade upplaga av Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1997). Dessa riktlinjer inkluderar avverkad skog och av den tillverkade skogsindustriprodukter. IPCC rekommenderar ett sätt för beräkning av inlagring av kol i skogsprodukter, här benämnd IPCC-default sättet¹. Enligt detta antas kol i trädbiomassa oxideras direkt och avgå till atmosfären vid avverkning. Med IPCC-default beräknas inlagring och utsläpp av kol vilket i verkligheten är upptag av koldioxid och utsläpp av växthusgaser där koldioxid är en av de mest betydelsefulla gaserna.

IPCC-default är mycket omdiskuterad och därför arbetar IPCC med andra förslag. Vid ett IPCC expertmöte i Dakar 1998 (Brown et al. 1998) framlades tre alternativa sätt:

- Production sättet
- Atmospheric-flow sättet
- Stock-change sättet

Trätek och SkogForsk har tillsammans fått uppdraget av Statens Energimyndighet att beräkna kolinlagring i den skogsindustriella sektorn i Sverige enligt de ovan nämnda sätten. I detta dokument presenteras resultaten baserat på data från FAO och Riksskogstaxeringen.

¹ I engelskan kallas beräkningssätten "approach" vilket i denna studie översatts till just beräkningssätt eller sätt.

2 Bakgrund

Skogsfrågor intar en viktig plats i det s.k. Kyotoprotokollets artikel 3 (Anon, 1997). Kyoto-protokollet stipulerar att de s.k. annex I-länderna (däribland Sverige) skall begränsa totalutsläppen av växthusgaser till en nivå som ligger minst 5% under nivån 1990 under en åtagandeperiod 2008-2012. I artikel 3.3 nämns att bl.a. skogsbruket under vissa omständigheter kan tjäna som en sänka eller källa för växthusgaser, som därför skall bidra till balansen av utsläppen enligt ovan. I detta fall menas sådan skogsmark som beskogas eller avskogas jämfört med läget 1990; d v s ”afforestation, reforestation and deforestation since 1990, measured as verifiable changes in C stocks in each commitment period”.

IPCC har försökt att standardisera nationella inventeringar av växthusgaser. Problem föreligger vad gäller datatillgänglighet och tolkningar. Beträffande åtagande perioden 2008-2012 föreligger olika tolkningar av skogliga nyckelbegrepp mellan FAO och IPCC, se tabell 1.

Tabell 1. Olika tolkningar av skogliga begrepp av betydelse för artikel 3.3 i Kyotoprotokollet.

Engelsk terminologi	Svensk översättning (Norstedts)	FAO	IPCC
Afforestation	Skogsodling	Skogsodling på jordbruksmark eller på områden som tidigare inte burit skog.	Skogsodling på mark som tidigare inte burit skog.
Reforestation	Göra till skog igen, nyplantera	Skogsodling på skogsmark eller på annan mark som tidigare varit skogsklädd.	Skogsodling på mark som varit skog men under viss tid haft annan användning
Deforestation	Avskogning	Skogsmark som överföres till annan markanvändning	Ingen

Olika tolkningar av nyckelbegreppen ger olika resultat vilket Karjalainen et al. visat (2000). Beräkningar enligt IPCC innebär att skogsodling av slutavverkad mark inte kan bidra till kolbalansen för perioden 2008-2012.

I Kyotoprotokollets artikel 3.4 skall parterna åta sig att ta fram data för kollagring sedan 1990 samt förändringar beroende på bl.a. naturbruket. Förevarande studie redovisar beräkningar av kolinlagring i skogsprodukter som går längre än tolkningen för uppföljningen 2008-12 vad gäller tillväxt i existerande skog samt i produkter. Den kan ses som ett bidrag till arbetsinsatserna inom protokollets artikel 3.4 och IPCC:s arbete att ta fram bättre standarder för beräkning av kolinlagring och utsläpp.

2.1 Definition av skogsmark

Den svenska skogsvårdslagens definition av skogsmark är mark som är lämplig för virkesproduktion (mer än 1 m³sk/år) och som inte i väsentlig utsträckning används för annat ändamål (SFS 1979:429). Denna areal uppskattas till 22,6 milj. ha (Skogsstyrelsen, 2001). Skog växer även på andra ägoslag, t ex mark ianspråktagen för kraftledning, olika typer reservat m.m. Sådana ägoslag utgör sammantaget stora arealer vilket visar sig då andra skogsmarksbegrepp används. I internationell statistik används skogsmarksbegreppet enligt FRA 1990 (Forest resources assessement 1990), skog som har kronslutenhet på 20% samt kalhuggna områden som tillfälligt är utan träd. Sveriges skogsmarksareal enligt denna definition var 1990, 24.4 miljoner ha. För FAOs skogsresursinventering 2000, TBFRA 2000 (Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000) är skogsmark en landyta som är större än 0.5 ha med krontäckning mer än 10 % för skog med minst 5 meters höjd vid mogen ålder. Ägoslaget inbegriper även plantskog samt skyddade områden m.m. Enligt denna definition är Sveriges skogsmarksareal 30,3 miljoner ha.

3 Metod

Data till studien baseras på Riksskogstaxeringen (2001) samt FAO (2001) vad gäller skogstillståndet respektive skogsprodukter. I studien används skogsmarksbegreppet som är definierat i skogsvårdslagen (SFS 1979:429). Tidsperioden för studien är 1990-1999 men avseende inlagring i produkter sträcker sig beräkningarna tillbaka till 1940. FAO data finns tillgängliga tillbaka till 1961 och för perioden 1940-1960 användes 1961 års värden för att beräkna det uppbyggda förrådet i produkter och den mängd kol som antas frigöras varje år från äldre produkter.

Tillvägagångssättet är att relatera den avverkade rundveden i kubikmeter till träfiber i kilogram och följa kolflödet från skogsavverkning till slutfasen av produktkedjorna. Kol i avfall som uppkommer vid tillverkning av varor (returlutar, träavfall från sågverk etc) antas frigöras under produktionsåret. Mängd kol i avfallet beräknas genom differensen mellan kolinnehållet i producerad rundved och det i producerade trävaror. De produkter som studien tar med är produktkategorier enligt FAOs nomenklatur enligt tabell 2 (FAO, 2001).

Tabell 2. Produktkategorier från FAO inkluderade i studien.

• Round wood
• Sawn wood
• Wood based panel
• Other industrial round wood
• Paper and paperboard
• Fuel wood (charcoal och wood fuel)

Import och export av mer förädlade produkter än de i tabell 2 är inte med i beräkningarna för att undvika risken för att räkna samma flöde mellan olika förädlingsled flera gånger. I beräkningarna används en del omräkningstal bl.a. torr-rådensitet för att beräkna volymen rundved

till kilogram samt för att konvertera kubikmeter virke till kilogram fiber i produkterna (biomass conversion factor) vilka visas i tabell 3.

Tabell 3. Omvandlingstal för att konvertera volym virke till mängd fiber i produkterna.

Dry weight density conifer	0,39	Mg/m ³	Karjalainen, 1996
Dry weight density non-conifer	0,49	Mg/m ³	Karjalainen, 1996
Dry weight density (average conifer and non-conifer)	0,42	Mg/m ³	Karjalainen, 1996
Biomass conv. factor sawn wood	0,44	Mg/m ³	Winjum, 1998
Biomass conv. factor woodbase panels	0,52	Mg/m ³	Winjum, 1998
Biomass conv. factor other industrial roundwood	0,6	Mg/m ³	Winjum, 1998
Biomass conv. factor fuel wood	0,42	Mg/m ³	Winjum, 1998
Biomass conv. factor paper and paperboard	0,77	Mg/m ³	Egen beräkning

Kolandelen i träprodukter sätts till 0,5. För pappersprodukter beräknades kolandelen genom att andelen fyllnads- och mineralmaterial bestämdes för de papperskategorier som ingår i FAO kategorin "Paper and paperboard", tabell 4 (Paulapuro, 2000). Därefter beräknades ett vägt medelvärde av andelen fyllnads- och mineralmaterial (Paulapuro, 2000) som baseras på den svenska produktionen 1990-1999 av dessa produkter (tabell 4). Detta blir 0,23 andelar fyllnads- och mineralmaterial. Resterande 0,77 andelar antas vara fibermaterial. Kolandelen i fibermaterialet bestäms genom att kolandelen i cellulosa, hemicellulosa, lignin (fibersubstanser) multipliceras med andelen av dessa substanser i mekanisk- respektive kemisk massa. Pappersprodukter med respektive utan fyllnads- och mineralmaterial innehåller då 0,53 och 0,40 andelar kol.

Tabell 4. FAO kategorier för pappersprodukter samt andel av produktionen i Sverige.

Papperskategorier enligt (FAO, 2001) som inkluderas i FAOs kategori "Paper and paperboard²".	Andel av produktionen i Sverige (1990-1999)¹
Household + Sanitary Paper	3 %
Newsprint	25,5 %
Printing + Writing Paper	23 %
Paper + Paperboard NES	1,5 %
Wrapping + Packaging Paper + Board	47 %

¹ Baserat på FAO-data (2001).

² I tabeller och figurer användes begrepp på engelska eftersom de är definierade i sammanhanget och en svensk översättning skulle kunna föranleda missförstånd.

Vid beräkningarna antas det att kol i trädbränsle frigörs under avverkningsåret. För de övriga produktkategorierna angivna i tabell 2 beaktas en andel kortlivade produkter för vilka kol-innehållet också frigörs samma år som de produceras. Resten antas vara långlivade produkter med en livslängd över fem år. Livslängden varierar beroende på vilken produktkategori som avses. Ett vägt medelvärde för samtliga produkter har beräknats till 50 år (Gjesdal et al, 1996). Tabell 5 anger andelen långlivade produkter vilka sätts enligt Winjum (1998).

Tabell 5. Andel långlivade produkter (Winjum, 1998).

Produktkategorier enligt FAO	Andel med lång livslängd
Sawnwood	0,8
Woodbase panels	0,9
Other industrial roundwood	0,7
Paper and paperboard	0,6

Kvoten BEF (biomass expansion factor) anger förhållandet mellan total trädbiomassa och den kommersiellt värdefulla massan (Winjum, 1998). BEF användes för att beräkna massan av kvistar, grenar och barr och ger därmed mängd trädrester samt lagret kol i skogarnas biomassa. Trädbiomassan exklusive rötter för tall, gran och björk beräknades genom Marklunds biomassafunktioner (Riksskogstaxeringen, 2001; Marklund,1988). Genom att för trädslagen tall, gran och björk ange stamdiameter i brösthöjd beräknas mängder i torrsubstans av stam, bark, grenar, barr och småkvistar. Stamdiametern för gran och tall sattes till 20 cm och för björk till 16 cm baserad på Riksskogstaxeringens mätningar av stamdiameter av Sveriges virkesförråd (tabell 3.5 i Skogsstatistiskårsbok 2000).

I tabell 6 visas beräknade BEF-kvoter. BEF som representerade ett medelvärde för barr respektive löv multiplicerades med tillväxten för att räkna ut årlig ökning av trädbiomassa. Denna metod medför att ingen hänsyn tas till förändringen i trädbiomassans tillväxt över tiden för ett bestånd samt att tillväxten är olika i södra och norra Sverige. Skogens förråd av biomassa beräknas således genom att svenskt virkesförråd under perioden 1994-98 (Skogsvårdsstyrelsen, 2000) multipliceras med BEF-kvoterna för att ta med mängden kvistar, grenar och barr. Därigenom ger BEF utgångsvärdet för att beräkna kol i trädbiomassan (figur 14).

Tabell 6. Biomass expansion factor (BEF) för beräkning av total trädbiomassa.

Trädsort	BEF
Tall	1,38
Gran	1,85
Björk	1,57
Medelvärde, barr	1,62

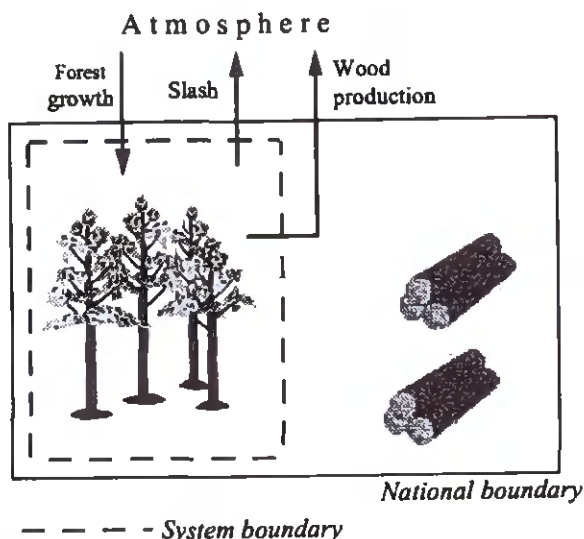
3.1 Beskrivning av beräkningssätten

Här återges en beskrivning av IPCCs fyra olika ansatser för att beräkna kolinlagringen i produkter. Texten är från IPCC/OECD/IEA rapporten av Brown et al. (1998) om inget annat anges. I bilaga 2 finns ett kort utdrag från Nabuurs & Sikkema (1998) med grafisk beskrivning av de fyra beräkningssätten.

3.1.1 IPCC-default sättet

IPCC:s riktlinjer beaktar inte skogsprodukter (IPCC, 1997). Därigenom betraktas emissionerna från avverkad skog som om de genast avges till atmosfären (Fig 1). Det betyder att emissionerna från avverkad skog tillskrivs dels produktionsåret, dels det land där denna avverkas; med andra ord tas ingen hänsyn till fördröjd emission från skogsprodukter med livslängd längre än ett år.

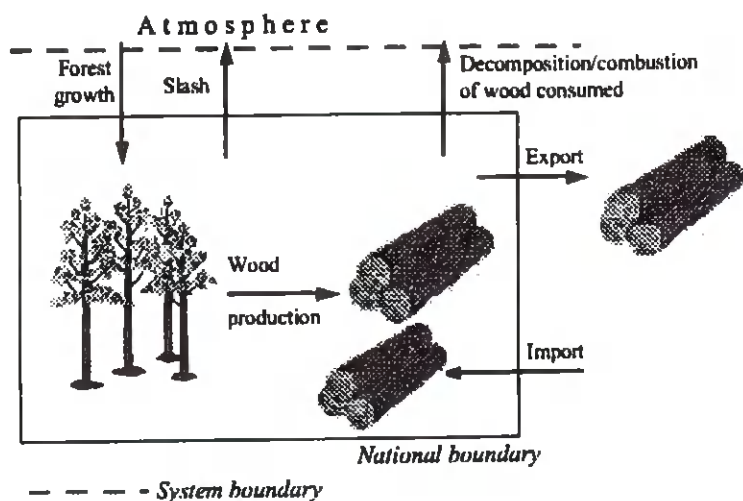
Det grundläggande antagandet i riktlinjerna är rimligt om förråden av skogsprodukter är konstanta till sin storlek. Enligt Winjum et al. sker en global ökning (Winjum et al. 1998). Det sker med andra ord ett nettoflöde av atmosfärisk CO₂ till förråden av skogsprodukter. IPCCs riktlinjer (Reference Manual, avsnitt 5.17) erkänner denna process, men ger ingen anvisning om hur detta ska behandlas. Riktlinjerna säger dock att "Om data tillåter kan man ta hänsyn till ökningarna i förråden av skogsprodukter" (Reference Manual, kap. 5, ruta 5).



Figur 1. Schematisk bild av IPCC-default sättet.

3.1.2 Atmospheric-flow sättet

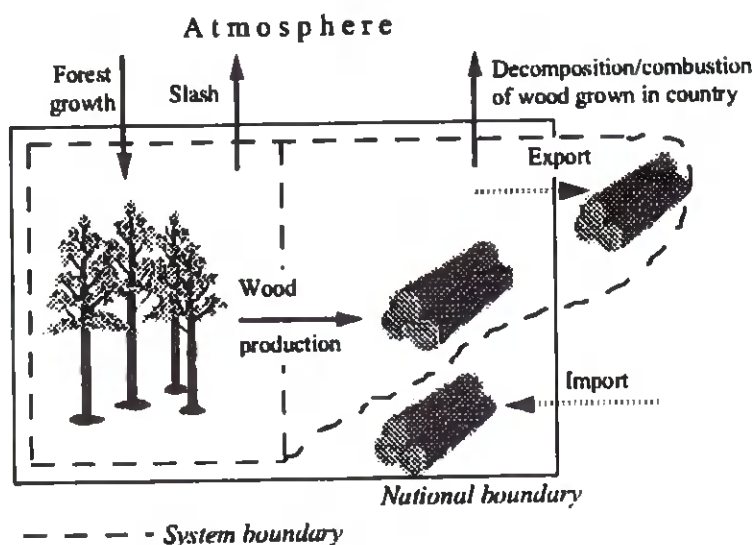
I Atmospheric-flow ingår uppskattningar av flöden av CO₂ mellan biosfären och atmosfären. Beräkningssättet tar hänsyn till faktiska emissioner och upptagning inom nationella gränser vid den tid de äger rum (Fig 2). Bruttoemissioner som uppstår vid skörd av rundvirke och från skogsprodukter räknas till konsumentlandet, medan upptagningen av CO₂ vid skogens tillväxt räknas det producerande landet tillgodo (Winjum et al. 1998). Alla emissioner som är förknippade med inlagrat kol som korsar en systemgräns överförs från det ena landets räkenskaper till det andra (Fig 2). Om virket skördas och förbrukas i samma land sker ingen förändring i fördelningen av emissionerna.



Figur 2. Schematisk bild av Atmospheric-flow sättet

3.1.3 Production sättet

Production sättet inbegriper förändringar i kolförråden i stående skog och i lagren av skogsprodukter (Fig 3). Förrådsförändringar i skogen tillräknas det producerande landet och kol som är upplagrat i exporterade skogsprodukter räknas likaledes till producentlandets förråd. Kolförråd som transporteras över nationsgränser (Fig 3) flyttas alltså inte mellan ländernas räkenskaper; exporterat kol räknas fortfarande till producentlandet. För kol i biotiska produkter med en ettårig livscykel sker ingen genomsnittlig förändring.

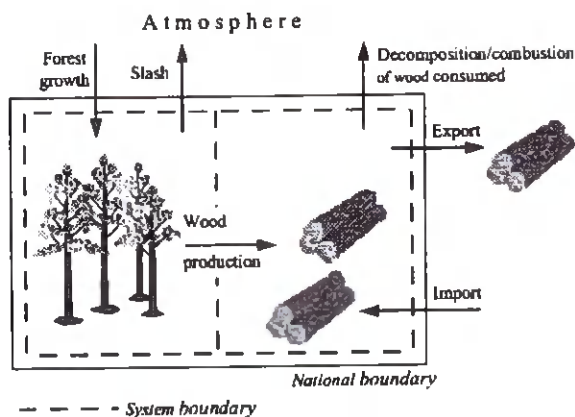


Figur 3. Schematisk bild av Production sättet

3.1.4 Stock-change sättet

Med Stock-change uppskattas nettoförändringar hos kolförråden i skogen och i skogsprodukter inom nationella gränser (Fig 4). Förrådsförändringar i skog räknas till producentlandet, medan de i skogsprodukter räknas till konsumentlandet (Winjum et al. 1998), d v s att förråden räknas till det land där de fysiskt befinner sig. Kolförråd som transporteras över nations-

gränser flyttas också över systemgränser och överförs från ett lands förråd till ett annats. För kol i biotiska produkter med en ettårig livscykel sker ingen genomsnittlig förändring.

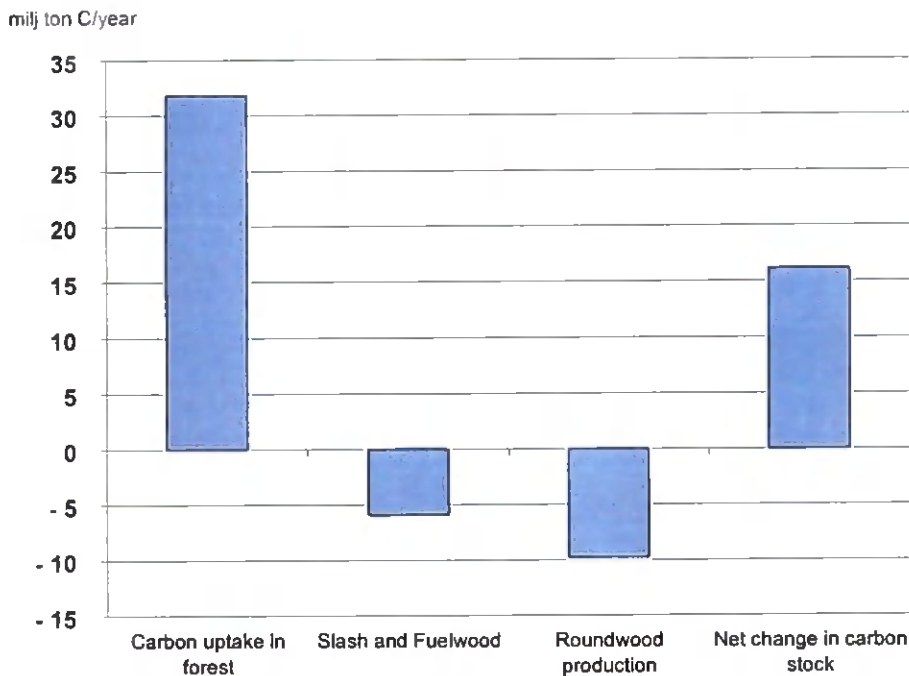


Figur 4. Schematisk bild av Stock-change sättet.

4. Resultat

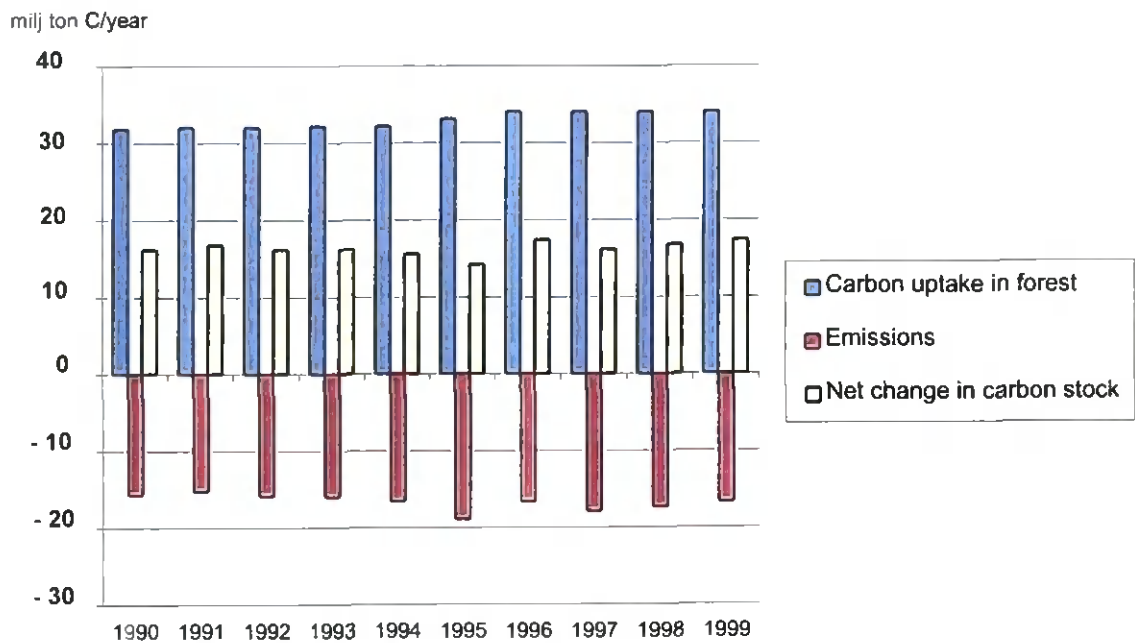
4.1 IPCC-default sättet

Den årliga nettokolinlagringen inom den svenska skogsindustriella sektorn för 1990 är 16,1 miljoner ton kol enligt IPCC-default. I figur 5 visas den årliga inlagringen i skog, emissioner på grund av virkesuttag samt nettoinlagringen för Sverige. De olika emissionerna är: oxidation av trädrester, förbränning av trädbränsle samt uttag av rundvirke. Produktionen av rundved är den enskilt största källan till emissioner.



Figur 5. Kolflöden 1990 enligt IPCC-default.

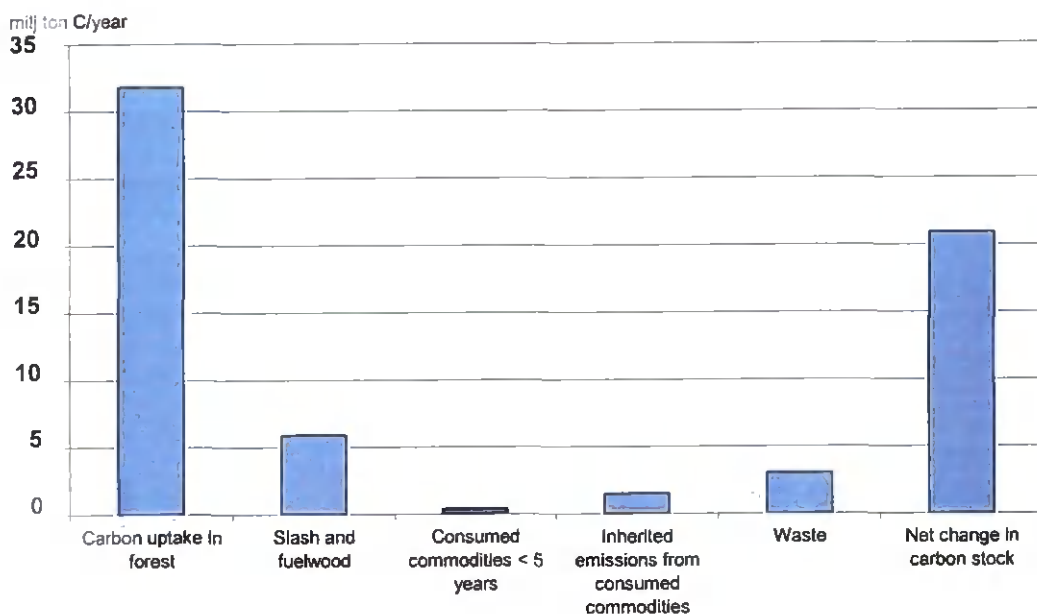
För att kunna följa skillnader under en längre tidsperiod beräknades kolinlagringen under åren 1990 till 1999. I figur 6 är emissionerna sammanslagna till en stapel. Data representerar årlig inlagring. För tidsperioden 1990 till 1999 har nettokolinlagringen ökat från 16,1 miljoner ton till 17,4 miljoner ton. Inlagringen i skog har under samma tidsperiod ökat från 31,8 till 34,1 miljoner ton kol.



Figur 6. Kolflöden enligt IPCC-default under perioden 1990-1999.

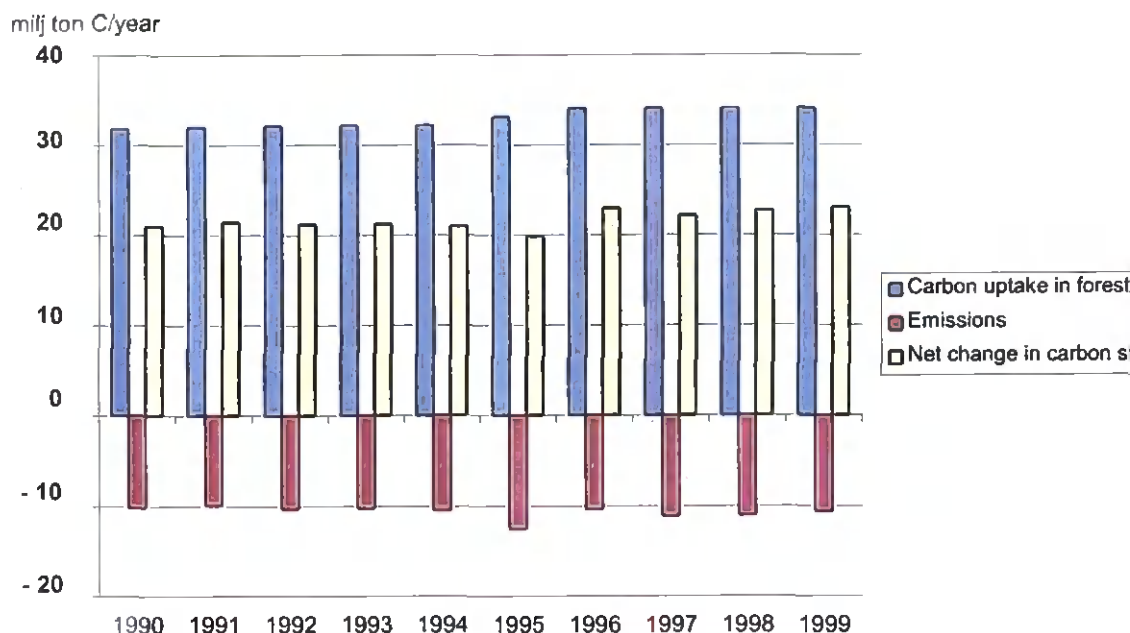
4.2 Atmospheric-flow sättet

Den årliga nettokolinlagringen inom den svenska skogsindustriella sektorn för 1990 beräknas till 20,9 miljoner ton kol enligt Atmospheric-flow. I figur 7 visas inlagringen i skog, emissioner på grund av virkesuttag samt sammantagen nettoinlagring för Sverige. Emissionerna består av: oxidation av trädrester och för bränning av trädbränsle, kortlivade produkter, bundet kol från äldre produkter och avfall från skogsindustrin. Kol som frigörs från trädrester, trädbränsle samt avfall står för de största bidragen till emissioner.



Figur 7. Kolflöden 1990 enligt Atmospheric-flow sättet.

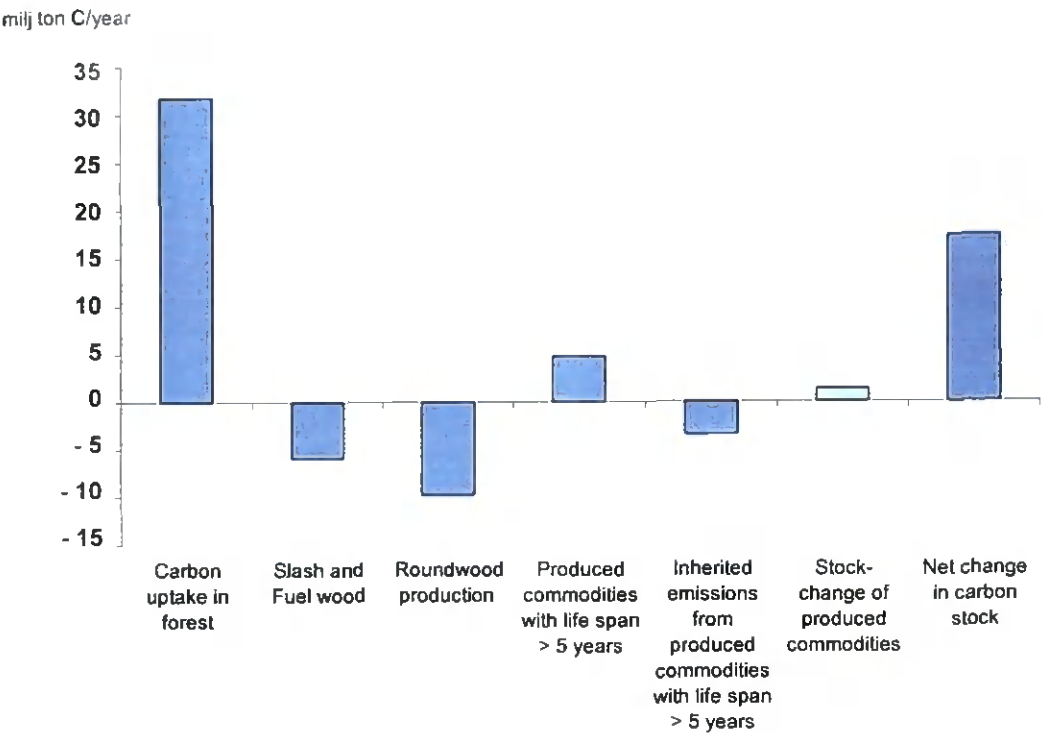
I figur 8 visas upptag i skog, emissioner samt nettoinlagring enligt Atmospheric-flow för 1990-1999. Under denna tidsperiod ökade nettokolinlagringen i skog och skogsprodukter från 20,9 till 23,1 miljoner ton. Inlagringen i skogen är samma som för de andra sätten och ökar under perioden.



Figur 8. Kolflöden enligt Atmospheric-flow sättet under perioden 1990-1999.

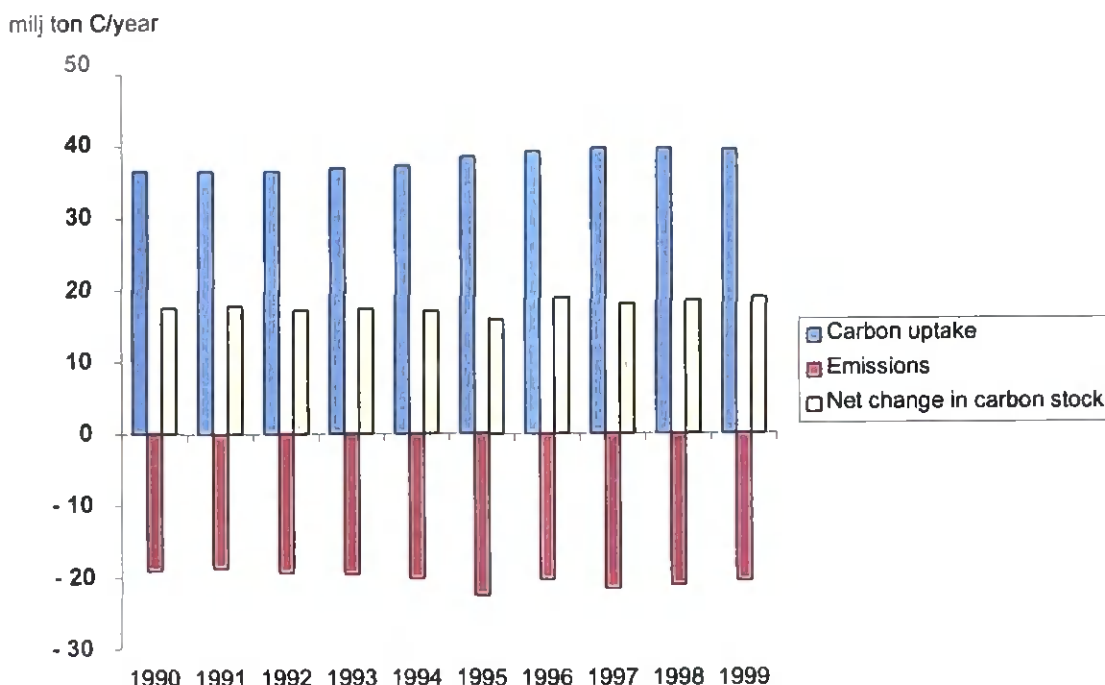
4.3 Production sättet

Den årliga kolinlagringen inom den svenska skogsindustriella sektorn för 1990 är 17,5 miljoner ton kol enligt Production sättet. Det årliga tillskottet till produktlagret 1990 är 4,8 miljoner ton kol och nettoinlagringen blir 1,3 miljoner ton kol (figur 13). I figur 9 visas inlagringen i skog och skogsprodukter, emissioner på grund av virkesuttag samt nettoinlagringen för Sverige. Emissionerna består av: oxidation av trädrester och förbränning av trädbränsle, uttag av rundvirke samt bundet kol från äldre produkter. Avfall från skogsindustrin är inkluderat i emissionerna från rundvirkesproduktionen.



Figur 9. Kolflöden 1990 enligt Production sättet.

I figur 10 visas upptag i skog, emissioner samt nettoinlagring enligt Production sättet för 1990-1999. Under denna tidsperiod ökade nettokolinlagringen i skog och skogsprodukter från 17,5 till 18,9 miljoner ton. Inlagringen i skogen är samma som för de andra sätten och ökar under perioden.

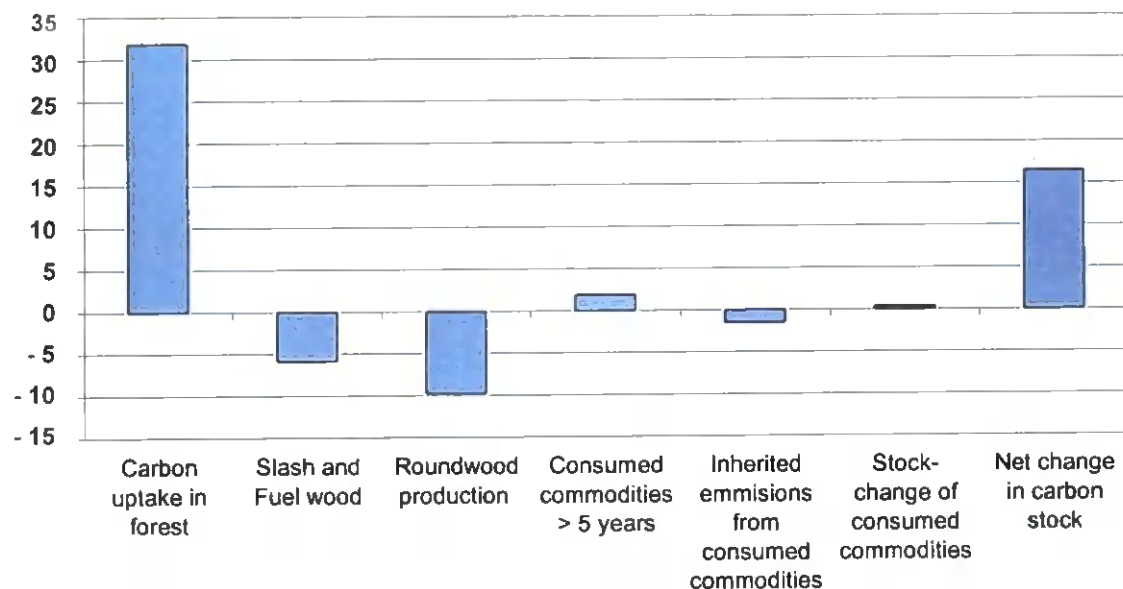


Figur 10. Kolflöden enligt Production sättet under perioden 1990-1999.

4.4 Stock-change sättet

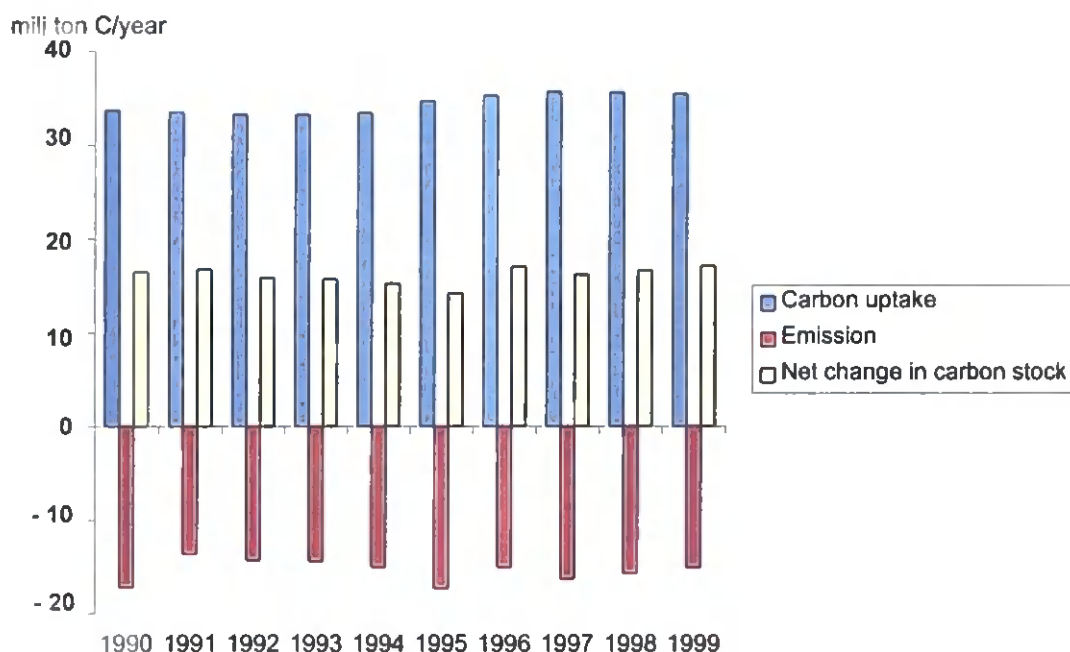
Den årliga kolinlagringen inom den svenska skogsindustriella sektorn för 1990 är 16,5 miljoner ton kol enligt Stock-change sättet. Det årliga tillskottet 1990 till produktlagret är 1,9 miljoner ton kol och nettoinlagringen i produktpoolen är 0,3 miljoner ton kol. För resterande år under 1990-talet pendlar produktpoolen mellan att ta emot och ge ifrån sig kol (figur 13). I figur 11 visas inlagringen i skog och produkter, emissioner på grund av virkesuttag samt nettoinlagringen för Sverige. Emissionerna består av: oxidation av trädrester och förbränning av trädbränsle, uttag av rundvirke samt bundet kol från äldre produkter. Avfall från skogsindustrin är inkluderat i emissionerna från rundvirkesproduktionen.

milj ton C/year



Figur 11. Kolflöden enligt Stock-change sättet för 1990.

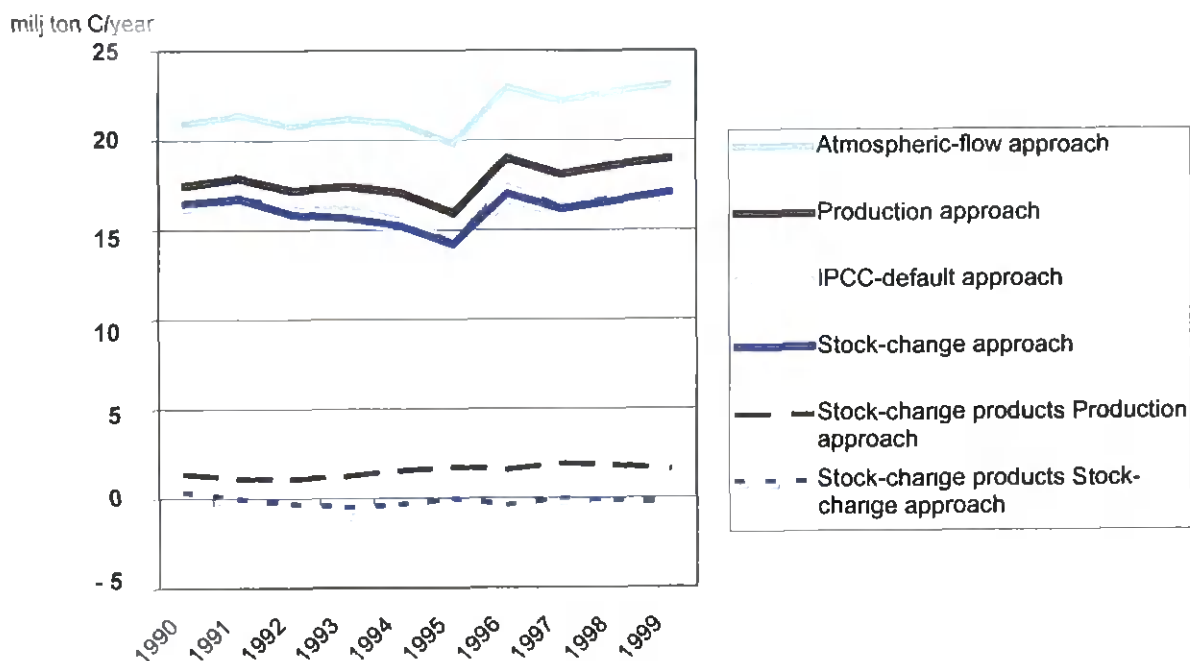
I figur 12 visas upptag i skog, emissioner samt nettoinlagring enligt Stock-change sättet för 1990-1999. Under denna tidsperiod ökade nettokolinlagringen i skog och skogsprodukter från 16,5 till 17,1 miljoner ton. Inlagringen i skogen är samma som för de andra sätten och ökar under perioden.



Figur 12. Kolflöden enligt Stock-change sättet under perioden 1990-1999.

4.5 En jämförelse av de fyra beräkningssätten

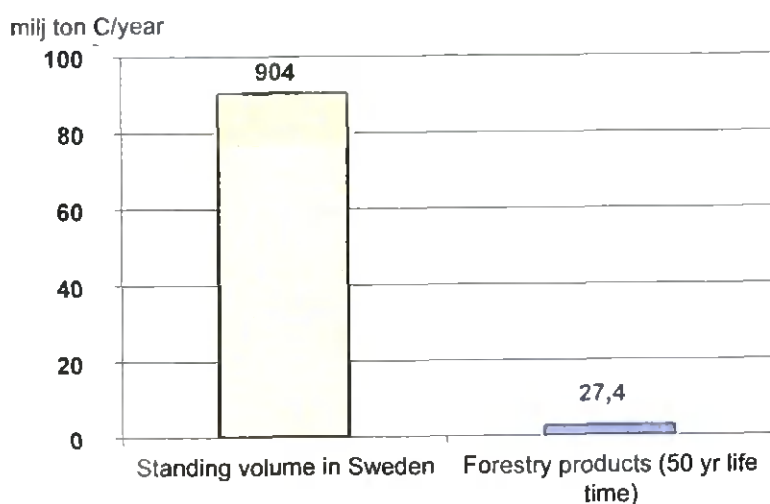
Figur 13 demonstrerar nettokolinlagringen enligt de fyra beräkningssätten för åren 1990-1999. Kolinlagringen redovisas per år, tidslinjen är alltså inte ett ackumulerat värde. Diagrammet visar hur olika syn på skogsprodukterna avspeglar sig vad gäller beräknad mängd kol som lagras i den svenska skogsindustrisektorn. Den lägst beräknade nivån representeras av Stock-change sättet men IPCC-default ger endast marginellt högre nivå. Stock-change och IPCC-default sätten gav nivån 14-17,5 miljoner ton inlagrad kol per år. Något högre inlagring gav Production sättet, mellan 15,9 till 19 miljoner ton kol. Atmospheric-flow sättet gav de högst beräknade värdena 21-23,1 miljoner ton per år. Exemplet demonstrerar således att olika syn på hur skogsprodukter hanteras beräkningsmässigt för ett enskilt land kan förklara en variation omkring 25% av det årliga tillskottet i den växande skogen. Synen på inlagring av kol i skogprodukter är således av betydelse när kolbudget på nationell nivå ska beräknas. Den årliga balansen för kol i produktlagret i Sverige (Stock-change) är nära noll. Stock-change skildrar för Sverige en situation där användningen av skogsprodukter stangerat. Atmospheric-flow har samma produktlager i Sverige som Stock-change, men tillgodoräknas nettoexporten av svenska skogsprodukter. Production sättet (produkter tillverkade i Sverige, men till stor utsträckning exporterade) ger en nettoinlagring av kol i produkter.



Figur 13. Årlig nettokolinlagring för skog och skogsprodukter sammanlagt enligt samtliga beräkningssätt samt skogsprodukter enbart enligt Stock-Change och Production i Sverige under perioden 1990-1999

Det beräknade kolförrådet i långlivade skogsprodukter (antagen livslängd 50 år) är 1999 ca 3 % av förrådet i trädbiomassa under perioden 1994-1998 (figur 14).

Lagret av kol i långlivade skogsprodukter överensstämmer i storleksordningen med en uppskattning över inbyggd mängd trä i byggnader i Sverige där resultatet var 68 800 kgton trä vilket ger 34 miljoner ton kol (Naturvårdsverket, 1996).

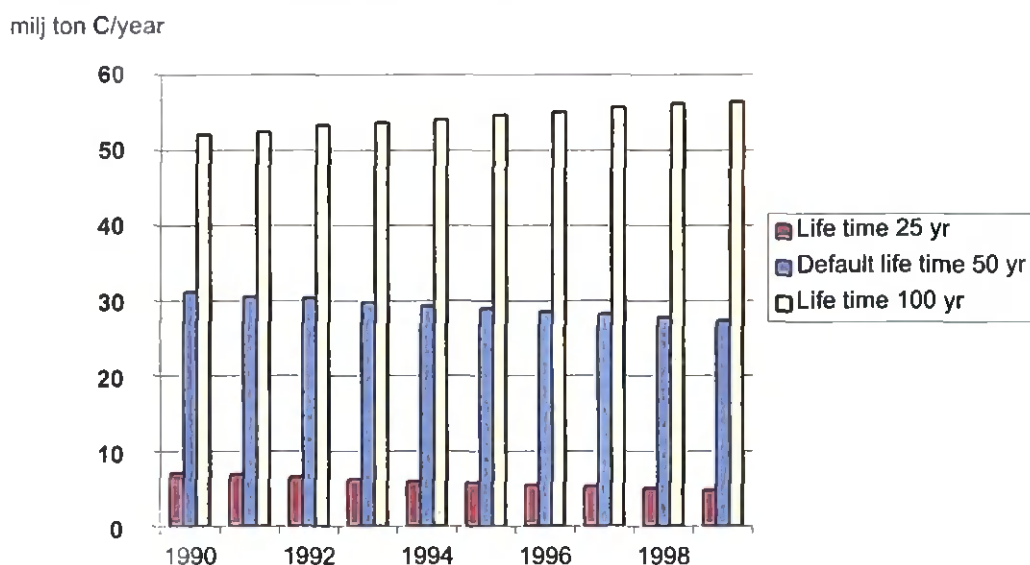


Figur 14. Kolförrådet i skogens trädbiomassa samt i långlivade skogsprodukter när livslängden är satt till 50 år.

5. Känslighetsanalyser

5.1 Förrådet av kol i skogsprodukter

I figur 15 visas beräknat förråd av långlivade skogsprodukter i Sverige mellan 1990 – 1999 när livslängden för de enskilda produkterna sätts till 25, 50 och 100 år. Beräkningarna sträcker sig tillbaka till 1940 avseende inlagring i produkter. Det innebär att för livslängden 100 år inkluderades endast produktförrådet tillbaka till 1940, d v s beräkningen ger en underskattning av produktförrådet vid livslängden 100 år. Beräkningssättet är enligt Stock-change (produktion + import – export) och det omfattar förrådet i långlivade skogsprodukter i Sverige. Resultatet i figur 15 åskådliggör att lagrets beräknade storlek och utveckling är starkt beroende av antagen livslängd. Det beräknas till mindre än 8, ca 30 och mer än 50 miljoner ton kol vid livslängden 25, 50 och 100 år. Figuren visar även att förrådet av kol i produkter ökar under 90-talet vid en livslängd 100 år medan det minskar vid livslängderna 50 och 25 år. Lagret är således litet (1%) i relation till lagret i stående skog om livslängden går ned mot 25 år, å andra sidan blir det betydande (>6%) om livslängden närmar sig 100 år. Beräkningen underskattar f.n. (1999) storleken av lagret vid 100 års livslängd eftersom beräkningssättet endast tagit hänsyn till uppgifter från och med 1940.



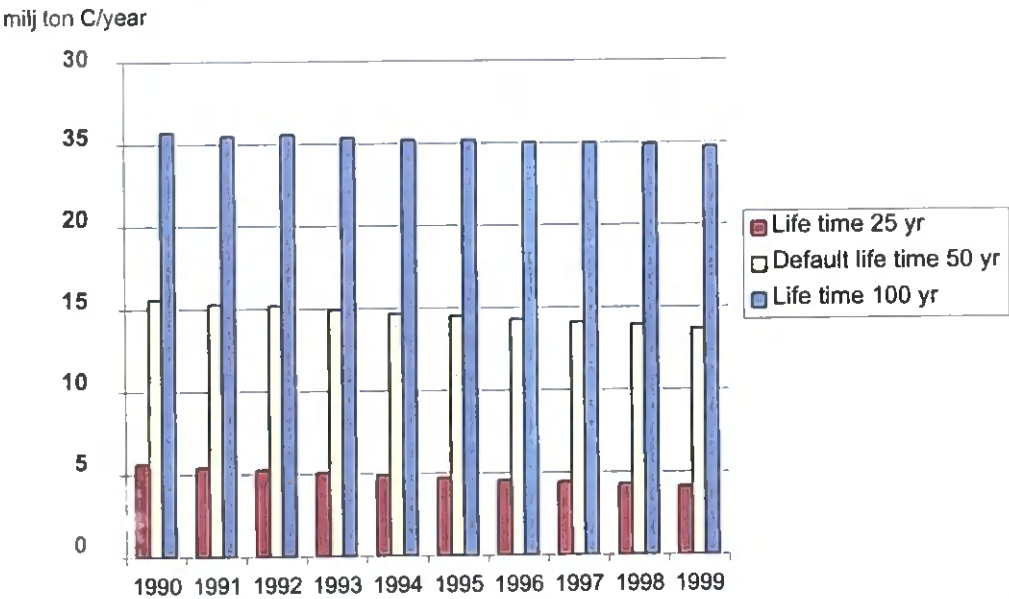
Figur 15. Kolförrådet i långlivade skogsprodukter.

Andelen produkter som går till långtidsanvändning kan vara betydelsefull för beräknat resultat och studeras därför i känslighetsanalys. Utfallet av halverad andelen produkter som gick till långtidsanvändning (tabell 7) visas i figur 16.

Tabell 7. Antaganden av andel produkter per produktkategori med lång livslängd.

Produktkategorier enligt FAO (2001)	Utgångsvärde	Halv andel
Sawnwood	0,8	0,4
Woodbase panels	0,9	0,45
Other industrial roundwood	0,7	0,35
Paper and paperboard	0,6	0,3

Figuren åskådliggör resultatet för halverad andel långlivade produkter för tre olika livslängder, 25, 50 och 100 år. Observera att livslängderna utgör ett vägt medelvärde där det för pappersprodukter är betydligt lägre än för övriga produktkategorier. Kollagret i produkter minskar för samtliga livslängder vid halverad andel av produkterna som går till långtidsanvändning. Det beräknas till mer än 4, mer än 14 och ca 25 miljoner ton kol vid livslängden 25, 50 respektive 100 år.



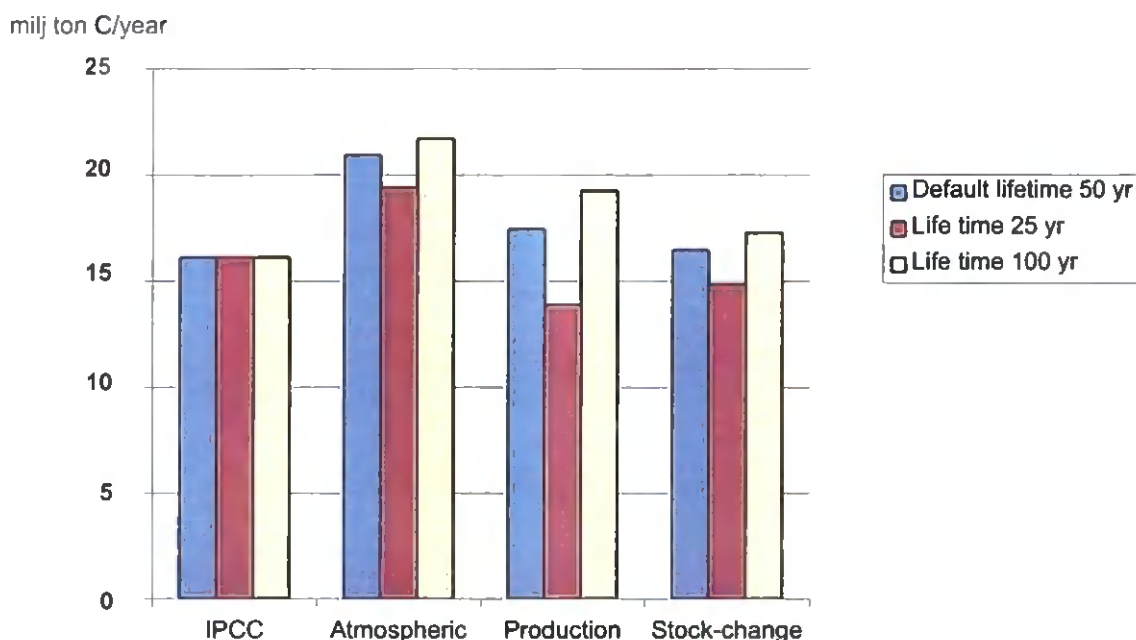
Figur 16. Kolförråd i långlivade skogsprodukter då andelen långlivade produkter halveras enligt ursprungsalternativet.

5.2 Känslighetsanalys för nettoinlagringen i skog och skogsprodukter vid varierad livslängd för långlivade produkter, dessas andel samt BEF

Resultatet i kapitel fyra varierar med ändrade antaganden för produkternas livslängd, andel produkter som går till långtidsanvändning samt BEF (Biomass Expansion Factor).

En varierad livslängd från 50 år till 25 och 100 år (figur 17) visar som förväntat att livslängden inte har någon betydelse för IPCC-default, eftersom den inte tar hänsyn till produkter. För de övriga beräkningssätten minskar inkollagringen vid halverad livslängd. Under tidsperioden 1990-1999 blir den genomsnittliga minskningen för Atmospheric-flow 7,3% (7-8%), Produc-

tion sättet 20,5% (19,7-22,9%) och för Stock-change 9,9% (9,3-11,2%). När livslängden fördubblas för långlivade produkter medför det att lagret endast räknas tillbaka till startåret 1940. Den årliga inlagringen av kol överskattas sålunda vid livslängden 100 år eftersom ingen hänsyn tas till oxidationen av produkter producerade före 1940. Kolinlagringen ökar för samtliga beräkningssätt utom IPCC-default (figur 17). Den genomsnittliga ökningen är för Atmospheric-flow 3,7% (3,5-4%), Production sättet 10,3% (9,7-11,5%) och för Stock-change 4,9% (4,6-5,6%)

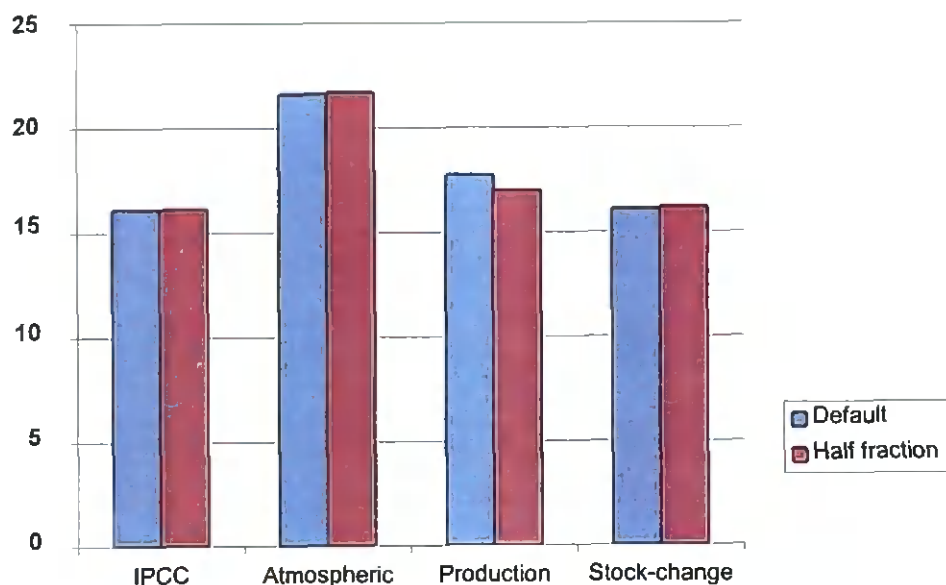


Figur 17. Årlig kolinlagring i skog och skogsprodukter för varierad livslängd av långlivade produkter.

Antaganden avseende andelen produkter som har långt liv har stor betydelse för produktlagret (figur 16). En halverad andel produkter med långt liv beräknas dock ha liten betydelse för den sammantagna årliga inlagringen i skog och skogsprodukter (figur 18).

IPCC-default är okänslig för förändringar av antaganden beträffande andelen långlivade produkter. Atmospheric-flow och Stock-change sätten ger marginella förändringar av den årliga inlagringen, genomsnittet under perioden 1990-1999 beräknas till 0,5% ökning för båda (minus 0,8% till plus 1,25%) respektive (minus 0% till plus 1,7%). Production sättet minskade med 4,2% (minus 3,1 till minus 5,4%). Det kan tyckas förvånande att Atmospheric-flow och Stock-change ger ökad nettoinlagring när andelen produkter med långt liv halveras. Förklaringen ligger i beräkningssättets konstruktion. Kolemissioner från avverkad rundved avgår antingen produktionsåret eller går in i produktlagret och oxideras efter den antagna livslängden. När andelen produkter med långt liv halveras, fördubblas andelen korttidsprodukter som oxideras varje år, men samtidigt blir bundet kol från äldre produkter även den halverad. Således minskar skillnaden mellan kolinlagring och utsläpp från långlivade produkter. Nettoinlagringen i skog och skogsprodukter blir således högre än med analysens utgångsvärde. Production sättet ger ingen sänkning som Atmospheric-flow och Stock-change eftersom de har olika systemgränser.

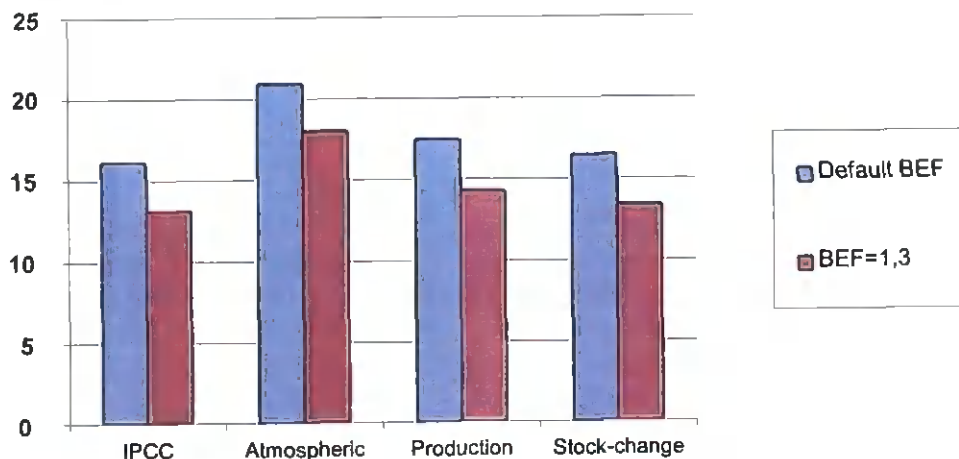
milj ton C/year



Figur 18. Nettoförändringen i årlig kolinlagringen för varierad andel av produkter som är långlivade.

Skogen står för den största delen av årlig kolinlagringen i den skogsindustriella sektorn. För att beräkna mängden hyggesrester och träbiomassa i skogen användes en sk biomass expansion factor (BEF). I figur 19 visas nettoinlagringen vid två olika BEF, utgångsvärdena ($BEF_{löv} = 1,57$, $BEF_{barr} = 1,62$) och känslighetsanalysen $BEF = 1,3$. För tidsperioden 1990-1999 minskade nettoinlagringen i genomsnitt med 18,5% (18,4-18,6%) för IPCC-default, Atmospheric-flow med 13,9% (13,1-14,6%) Production sättet med 18,3% (17,2-19,5%), och Stock-change med 18,7% (18,2-19,2%).

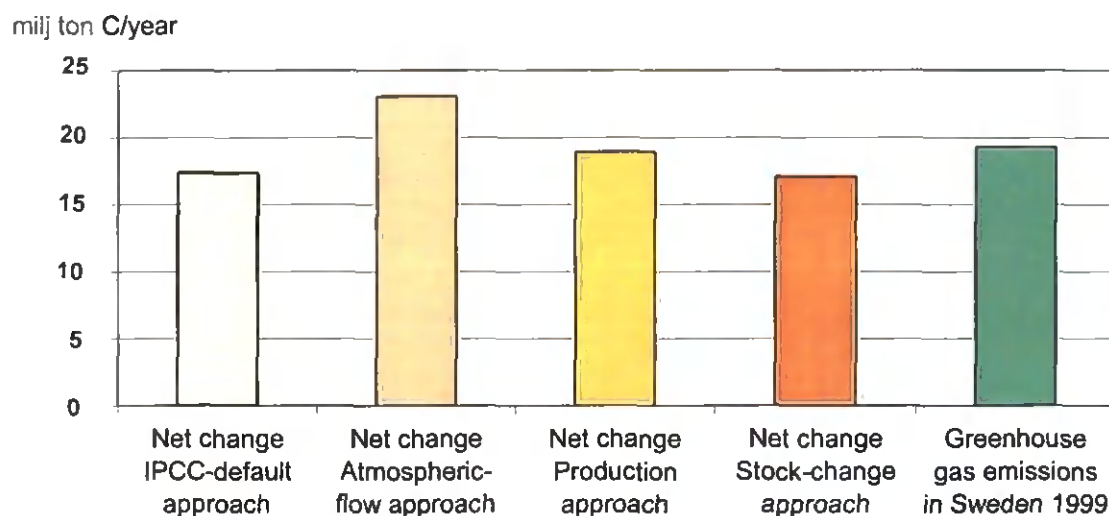
milj ton C/year



Figur 19. Årlig inlagring av kol i skog och skogsprodukter för en varierad BEF.

6. Diskussion och slutsatser

Skogssektorn har stor betydelse för Sveriges kolbalans. Dess nettoinlagring för 1999 enligt de fyra beräkningssätten (16,9-22,8 miljoner ton C) motsvarar ungefärligen summan av de årliga utsläppen av växthusgaser beräknat som kolekvivalenter (Figur 20) (Regeringen, 2001).



Figur 20. Skogssektorns nettoinlagring av kol enligt de fyra beräkningssätten jämfört med uppskattade utsläpp av växthusgaser beräknat som kolekvivalenter under år 1999.

6.1 Diskussion

Resultaten för de olika beräkningssätten ger olika incitament för export/import, användning av bioenergi, kolinlagring i produkter och skog etc. Huvudsakligen gäller följande:

- **IPCC-default sättet** tar enbart hänsyn till avverkning och tillväxt i skogen inom det egna landet. Beräkningssättet ger därför incitament för uthålligt skogsbruk som leder till inlagring av kol i skogen. Emissioner från skog som avverkas räknas som om det frigörs det avverkat år och i landet där avverkningen sker. Det medför att det finns incitament för att importera bioenergi eftersom emissionerna räknas i det land som producerat bioenergin (avverkat skogen). Det ges även incitament för att ersätta fossilenergi med inhemsk producerad bioenergi om emissionerna kan balanseras genom tillväxt i skogen. Det tar inte hänsyn till skogsprodukter och ger därför inga incitament för export i annan mening än att importen på längre sikt ger biobränsle som inte belastar importlandet.

IPCC-default sättet medför för svenska förhållanden att den totala kolbalansen blir positiv eftersom tillväxten i skogen är större än avverkningen. IPCC-default är neutral vad beträffar tillverkning och bruk samt handel med skogsprodukter.

- **Atmospheric-flow sättet** har en annan systemgräns än de övriga beräkningssätten eftersom systemgränsen är dragen mellan atmosfären och varje land. Det ger incitament att lagra kol i skogen och i långlivade skogsprodukter. De produkter som exporteras till ett annat land korsar systemgränsen och framtida emissionen från dessa räknas till det impor-

terande landet. Detta medför att ett land som importerar skogsbränsle och skogsprodukter även importerar emissioner av CO₂. Det finns därför inga incitament att substituera fossilenergi med importerad bioenergi. Atmospheric-flow ger inte heller incitament att importera trä oavsett om skogsbruket är uthålligt eller ej. Importlandet måste räkna med emissionerna i de importerade produkterna (om än fördröjd genom produkternas antagna livslängd). Ett exporterande land ges incitament att exportera trä från uthålligt skogsbruk eftersom produkterna och de kommande emissionerna från dessa räknas i det importerande landet.

För Sverige med större tillväxt än avverkning och där exporten är större än importen ger Atmospheric-flow en positiv nettoinlagring för både skog och skogsprodukter. Den är således gynnsam för Sverige som exporterande land.

- **Stock-change** grundas på IPCC-default, men inkluderar även långlivade skogsprodukter, dvs produkter med livslängd över fem år. Beräkningssättet ger därför incitament för inlagring av kol i både skogen och i långlivade produkter. Varje land utgör en systemgräns och skogens och produkternas nettoinlagring beräknas. En långlivad skogsprodukt som importeras får räknas som ett kolförråd för det importerande landet. Om ett land exporterar mer än det importerar och mer än tillväxten i skogen minskar det totala kolförrådet för landet. Precis som för IPCC-default ges incitament för att importera bioenergi eftersom emissionerna räknas i det producerande landet. Den uppmuntrar användning av inhemsk bioenergi som ersätter fossil energi om dess utsläpp av CO₂ kan balanseras genom tillväxt i skogen och därigenom inlagring av kol. Länder där skogen inte sköts uthålligt får en negativ kolbalans för skogsdelen. Kol i skogsprodukter behandlas på samma sätt oberoende om de är inhemska eller importerade och utan hänsyn till om skogsbruket i exportlandet är uthålligt eller ej.

För Sverige medför Stock-change att nettoinlagringen i skogen blir positiv eftersom tillväxten är större än avverkningen. Skogsprodukterna ger enligt beräkningarna ett osäkert netto för Sverige. Beräkningar enligt Stock-change ger incitament för både export- och importländer att handla med skogsprodukter.

- **Production** sättet tar med kol i skog och produkter, men till skillnad från Stock-change sättet tas endast hänsyn till inhemskt producerade skogsprodukter oavsett om de exporteras eller ej. Exporterade skogsprodukter räknas som ett kolförråd för det producerande/exporterande landet. Production sättet ger således incitament för inlagring av kol i uthålligt skogsbruk och i inhemska producerade skogsprodukter. För det importerande landet är importerade skogsprodukter neutrala vad avser inlagring och avgivning av CO₂. Incitamenten för att substituera fossilenergi med bioenergi är samma som för IPCC-default och Stock-change; för importerad bioenergi räknas emissionerna i det producerande landet och för inhemsk bioenergi ges incitament för att ersätta fossil energi som då måste balanseras genom tillväxt i skogen. Export av skogsprodukter från uthålligt skogsbruk ger därmed fördelar för exportlandet men är neutralt för importlandet.

För Sverige ger Production sättet ett positivt netto för skogen så länge tillväxten är större än avverkningen (dvs lika som IPCC-default och Stock-change). Även balansen för skogsprodukterna blir positiv, alltså en kolinlagring. Produkternas kolinlagring blir större än för Stock-change eftersom alla produkter som producerats i Sverige räknas som ett förråd för Sverige. Beräkningssättet gynnar uthålligt skogsbruk samt tillverk-

ning av skogsprodukter. Handel med skogsprodukter är gynnsam för ett exporterande land som Sverige.

6.2 Slutsatser

Beräkning av den årliga inlagringen av kol i stående skog före avverkning gav resultatet (ca 32 milj. ton) som i storleksordningen överensstämmer med Nabuur & Sikkema (ca 27 milj ton) (1998), LUSTRA programmet (35 milj ton) (2001) och SKA 1999 (37 milj ton) (Skogsstyrelsen, 2000). Skillnaden i de beräknade värdena förklaras av skillnader i antaganden. Känslighetsanalysen ger utslag för variationer av BEF. Det finns idag tillväxtmodeller för stamvolymen (Peterson, 1999) men inte för den totala trädbiomassan vilket medför att denna rapport använt ett schablonvärde, som inte tar hänsyn till klimatets inverkan, trädbiomassans varierade tillväxt över omloppstiden och läget. Därmed speglar inte denna analys hur BEF påverkas av skogsskötsel, virkesuttag och produkter, vilken antagligen kan vara av betydelse. Denna studies beräkningar gav utsläpp per år under 1990-talet på ca 5 milj. ton kol från trädrester och nästan 1 milj. ton från biobränsle. Avverkningen är årligen en källa till ca 10 milj. ton kol, varav en del inlagras i produkter enligt beräkningssätten. Den årliga balansen varierar därför mellan 14 till 23 milj. ton kol i ökad inlagring. Variationen mellan sätten (se 4.5) beror således på hur produkternas bidrag eller inlagring behandlas och fördelas mellan export och importländer.

I IPCC-default oxideras omedelbart hela avverkningens kolinnehåll. Stock-change anger att den ökade inlagringen i stående skog är 16-17 milj. ton kol. Stock-change är den enda som kan beskriva lagret och den årliga inlagringen i skogsprodukter inom Sveriges gränser. Det årliga tillskottet i långlivade skogsprodukter beräknades i detta fall vara ca 1,4 milj. ton när livslängden antas vara 50 år och nettoinlagringen i produkter pendlar mellan att ta emot och ge ifrån sig kol.. Stock-change ger lägre årlig nettoinlagring av kol än IPCC-default eftersom den största delen av skogsprodukterna exporteras samt att lagret av långlivade produkter efter hand bryts ner och då avger kol. Production-sättet ger för Sveriges del en större inlagring av kol i produkter eftersom exportlandet även tillgodoräknas kolinnehållet i exporterade produkter. Atmospheric-flow slutligen reducerar den direkta kolavgivningen i den avverkade veden till endast den del som stannar i Sverige och som dessutom inte binds i långlivade produkter.

Det totala förråden i skogens trädbiomassa och i skogsprodukter är av intresse för att kunna relatera dem till varandra samt för att se betydelsen av kolförråden i jämförelse med utsläppen. Förrådet i svensk trädbiomassa beräknades i detta fall vara 904 milj. ton och det ska jämföras med beräknat 27,4 milj. ton i långlivade produkter i Sverige vid en ansatt livslängd på 50 år. Kolförrådet i skogsprodukter under användning motsvarar då ca 3 % av förrådet i trädbiomassa. En dold pool finns i kortlivade produkter, kasserade produkter i deponi samt i produkter med längre livslängd än den antagna. Det är oklart om inkluderande av mer förädlade produkter i beräkningarna skulle ge ett tillägg eller avdrag i kollagret.

Ovanstående resultat kan relateras till resultat från det s.k. Lustra programmet (2001), 1011 milj. ton kol i trädbiomassa. Värdena relaterar också till studier i Finland och Norge. Pingoud et al (1996) beräknar att långlivade produkter i användning i Finland motsvarar ca 2% av kolförrådet i trädbiomassa. Om hänsyn tas till produkter med kortare livslängd i markdeponi fördubblas förrådet i Finland. Pingoud beräknar för Finland att inlagringen i produkter ökar, med ca 300 000 ton kol i produkter per år och lika mycket i deponi. Produkternas andel motsvarar

då således ca 5% av ökningen i trädbiomassan. Oklarheter föreligger huruvida kol lagrat i deponi är en källa eller sänka.

I Norge beräknar Flugstad (2001) att hela kolförrådet i produkter är ca 17 miljoner ton varav ungefär hälften i byggnader och snickerier. Förrådsuppbyggnad pågår och ökningen motsvarar ca 2% av ökningen i trädbiomassa.

De olika beräkningssättens lämplighet för beräkning av inlagring av kol i det skogsindustriella systemet kan t ex värderas efter

- Enkelhet och transparens
- Datatillgång
- Rätt beskrivning av den globala situationen
- Incitament för användning av skogsprodukter
- Incitament för användning av biobränsle
- Incitament för handel med skogsprodukter, d v s att varken importör och exportör diskrimineras eller gynnas ensidigt.

Tabell 8. Författarnas tolkning av hur de fyra beräkningssätten svarar mot sex ansatta kriterier för ett lämplig sätt i ett svenskt perspektiv.

Kriterier	IPCC-default	Stock-change	Production	Atmospheric-flow
Enkelhet och transparens	Ja	Går an	Svår	Ja
Datatillgång	Ja	Varierande	Svår	Varierande
Rätt beskrivning av den globala situationen	Ja	Ja	Ja	Ja
Incitament för användning av skogsprodukter	Nej	Ja	Ja	Ja
Incitament för användning av biobränsle	Ja	Ja	Ja, men mindre än IPCC-default och Stock-change	Nej
Incitament för handel	Nej	Ja	Nej	Nej

Tabellen värderad efter frekvensen "ja" anger IPCC och Stock-change som intressanta. Bedömningen grundas på vår värdering av produkt och handel. Produkterna är viktiga eftersom de inlagrar en inte oväsentlig del kol i den skogsindustriella sektorn. I slutfasen av produktens liv utvinns energi som ersätter motsvarande mängd fossil energi. Skogsprodukter drar således in bioenergi i produktsystemet som kompletterar mängden energivara. Handeln med skogsprodukter medför att sådana används där de eljest inte skulle ha använts. Det leder till ökad kolinlagring och användning av bioenergi på marknaderna där, men också till ett kassaflöde till exportlandet som kan medge ökade investeringar i skogsbruket, d v s i ökad kolinlagring i biomassa. Detta får då konsekvenser för markanvändningen och kan påverka kollagringen i marken.

De oklarheter som finns beträffande produktperspektivet för Sveriges del är:

- Tillväxt i trädbiomassa
- Andel produkter med lång eller kort livslängd
- Produkters livslängd
- Inlagringens betydelse hos kortlivade produkter
- Kolinlagring i byggnader och snickerier
- Kolförråd i deponi, källa eller sänka?

En del av dessa frågeställningar anknyter också till slutsatserna från en kartläggning av materialflöden som gjorts vid Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1996). Vi anser det angeläget att bringa klarhet beträffande ovan nämnda nyckelproblem, eftersom svaren kan bekräfta om det är viktigt att ta hänsyn till kollagringen i skogsindustriprodukter.

7. Referenser

Anon. 1997. FCCC/CP/1997/L.7/Add.1. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://www.unfccc.int/resource/docs/cop3/107a01.pdf>

Anon. 2001. Lustraprogrammet 2000. Ett Mistrafinansierat Forskningsprogram

Brown S., Lim, B. and Schlamadinger, B. 1998. Evaluating Approaches for Estimating Net Emissions of Carbon Dioxide from Forest Harvesting and Wood Products. IPCC/OECD/IEA Programme on National Greenhouse Gas Inventories. Meeting Report.

FAO. 2001-03-15. <http://www.fao.org/forestry/FO/DATABASE/dbase-e.stm>.

Flugsrud Kjetil. 2001. Sinks in Wood Product in Norway. Pers comm to Eva-Lotta Lindholm february 2001.

Forest resources assessment 1990. 1995. Global synthesis. FAO Forestry Paper 124. FAO, Rome.

Gjesdal S.F.T et al. 1996. A balance of use of wood products in Norway, SFT-report 96:04

IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. and Callander B.A. (eds.).

Karjalainen, T., Liski, J., Pussinen, A., Lapveteläinen, T. 2000. Sinks in the Kyoto Protocol and considerations for the Nordic countries. TemaNord 2000:606. Nordic Council of Ministers. Copenhagen.

Karjalainen. 1996. Dynamics of the carbon flow through forest ecosystem and the potential of carbon sequestration in forests and wood products in Finland. Research Notes 40. University of Joensuu. Faculty of forestry.

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

Nabuurs G.J & Sikkema R. 1998 The role of harvested Wood Products in National Carbon balances – an evaluation of alternatives for IPCC guidelines. Institute for Forestry and nature Research (IBN-DLO). IBN Research Report 98/3. Arnhem 1998.

Naturvårdsverket. 1996. Kartläggning av materialflöden inom bygg- och anläggningssektorn / AB Jacobson & Widmark. Naturvårdsverket ; 4659. Stockholm.

Paulapuro, Hannu. 2000. Paper and Board Grades. Book 18 in the CD: Papermaking Science and Technology. Tappi Press. Fapet Oy. Helsinki. Finland.

Peterson, H. 1999. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. Arbetsrapport 59. Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik. SLU. Umeå.

Pingoud K., Savolainen I., Seppälä H. 1996. Greenhouse Impact of the Finnish Forest Sector Including Forest Products and Waste Management. Ambio Vol 25 No 5. August 1996. p-318-325.

Riksskogstaxeringen. 2001-03-15. <http://www-riksskogstaxeringen.slu.se/>

Regeringen. 2001. Proposition 2001/02:55. Klimatpropositionen.

Skogsstyrelsen. 2000. SKA 99 Skogliga konsekvensanalyser 99. Skogsstyrelsen. Jönköping.

Skogsstyrelsen 2001. Skogsstatistiskårsbok 2001 Jönköping. Sweden.

TBFRA 2000. 1999. The UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resource Assessment 2000. Volume I. Main report. United Nations, New York and Geneva.

Winjum J.K., Brown S., Schlamadinger B. 1998. Forest Harvest and Wood Products: Sources and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide. Forest Science 44(2) 1998.

Resultat från beräkningarna

Alla värdena är givna i ton kol per år (ton C/år).

IPCC-default approach	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carbon uptake in forest	31 808 060	31 992 158	31 992 158	32 176 256	32 176 256	33 119 885	34 063 515	34 063 515	34 063 515	34 063 515
Slash	5 113 892	4 936 755	5 184 522	5 233 740	5 475 524	6 346 878	5 489 260	5 952 337	5 295 910	5 069 551
Fuel wood	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	1 239 000	1 239 000
Roundwood production	9 775 698	9 482 850	9 886 938	9 962 000	10 335 875	11 770 750	10 368 675	425	10 765 405	10 392 975
Net change in carbon stock	16 120 470	16 774 553	16 122 698	16 182 516	15 566 857	14 204 258	17 407 580	16 183 752	16 763 200	17 361 989

Alla värdena är givna i ton kol per år (ton C/år).

Atmospheric-flow approach	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carbon uptake in forest	31 808 060	31 992 158	31 992 158	32 176 256	32 176 256	33 119 885	34 063 515	34 063 515	34 063 515	34 063 515
Slash	5 113 892	4 936 755	5 184 522	5 233 740	5 475 524	6 346 878	5 489 260	5 952 337	5 295 910	5 069 551
Fuel wood	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	1 239 000	1 239 000
Consumed commodities with life span < 5 years	393 558	316 983	291 314	234 558	283 706	347 931	282 337	378 719	351 611	371 647
Inherited emissions from consumed commodities with life span > 5 years	1 528 057	1 549 144	1 563 453	1 572 045	1 576 367	1 582 705	1 596 312	1 602 331	1 616 051	1 626 556
Waste	3 029 775	2 975 202	3 363 116	3 137 138	3 064 442	4 201 267	2 928 884	3 131 841	2 797 279	2 616 917
Net Import - Export wood fuel	4 375	9 870	3 491	15 405	8 470	6 510	15 330	24 990	67 676	62 790
Net change in carbon stock	20 940 402	21 406 204	20 788 261	21 185 370	20 969 747	19 836 594	22 953 391	22 175 296	22 695 987	23 077 055

¹ Net import - export fuel wood is included in this category.

Alla värdena är givna i ton kol per år (ton C/år).

Production approach	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carbon uptake in forest	31 808 060	31 992 158	31 992 158	32 176 256	32 176 256	33 119 885	34 063 515	34 063 515	34 063 515	34 063 515
Slash	5 911 892	5 734 755	5 982 522	6 031 740	6 273 524	7 144 878	6 287 260	6 750 337	6 534 910	6 308 551
Fuel wood	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	1 239 000	1 239 000
Roundwood production	9 775 698	9 482 850	9 886 938	9 962 000	10 335 875	11 770 750	10 368 675	11 129 425	10 765 405	10 392 975
Stock-change forest	16 120 470	16 774	16 122 698	16 182 516	15 566	14 204 258	17 407 580	16 183	16 763 200	17 361 989
Produced commodities with life span > 5 years	4 788 593	4 594 685	4 583 611	4 790 493	5 107 740	5 366 470	5 263 706	5 648 814	5 622 987	5 426 861
Inherited emissions from produced commodities with life span > 5 years	3 446 276	3 486 936	3 523 736	3 560 306	3 600 911	3 647 732	3 699 759	3 749 767	3 807 287	3 864 260
Stock-change of produced commodities	1 342 317	1 107 749	1 059 875	1 230 186	1 506 829	1 718 738	1 563 948	1 899 047	1 815 700	1 562 601
Net change in carbon stock	17 462 787	17 882 302	17 182 573	17 412 702	17 073 685	15 922 996	18 971 527	18 082 800	18 578 900	18 924 590

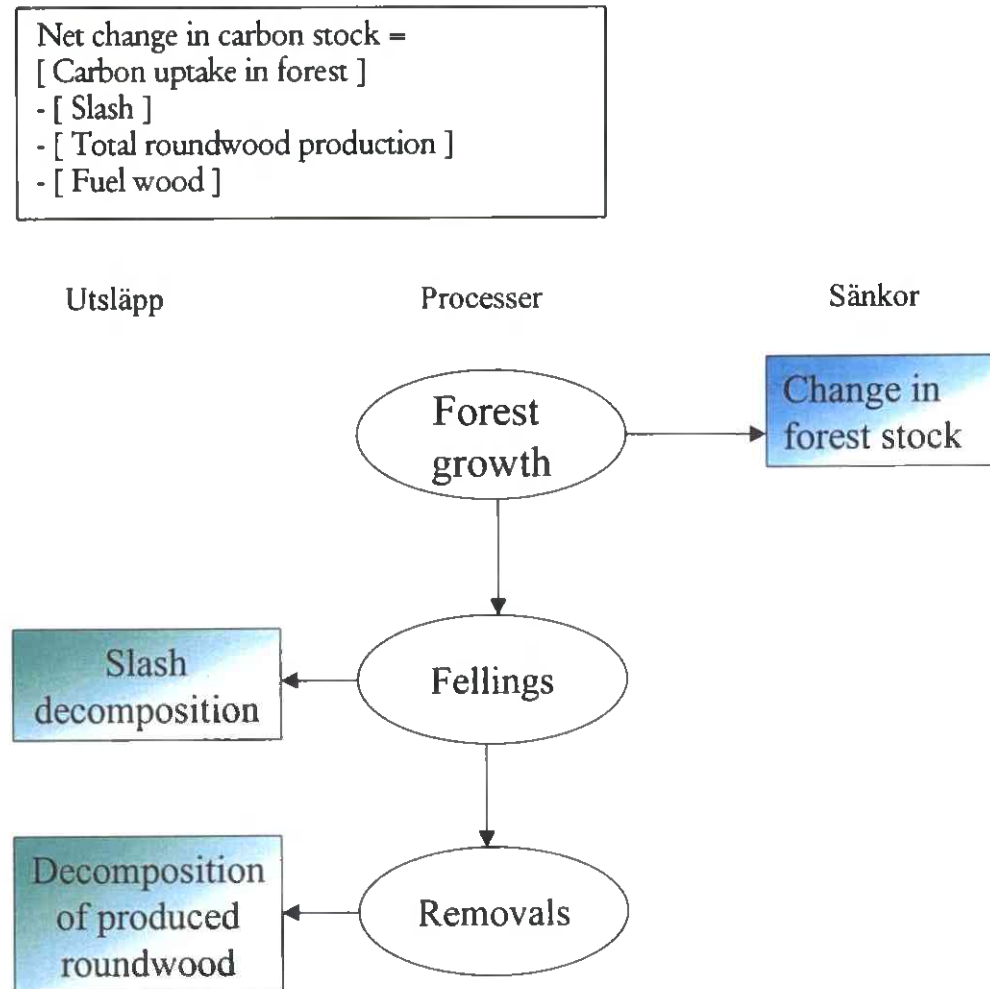
Alla värdena är givna i ton kol per år (ton C/år).

Stock-change approach	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Carbon uptake in forest	31 808 060	31 992 158	31 992 158	32 176 256	32 176 256	33 119 885	34 063 515	34 063 515	34 063 515	34 063 515
Slash	5 113 892	4 936 755	5 184 522	5 233 740	5 475 524	6 346 878	5 489 260	5 952 337	5 295 910	5 069 551
Fuel wood	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	798 000	1 239 000	1 239 000
Roundwood production	9 775 698	9 482 850	9 886 938	9 962 000	10 335 875	11 770 750	10 368 675	11 129 425	10 765 405	10 392 975
Stock-change forest	16 120 470	16 774	16 122 698	16 182 516	15 566	14 204 258	17 407 580	16 183	16 763 200	17 361 989
Consumed commodities > 5 years	1 877 147	1 511 717	1 270 120	1 050 570	1 214 271	1 544 987	1 188 655	1 571 630	1 453 058	1 338 004
Inherited emissions from consumed commodities with life span > 5 years	1 528 057	1 549 144	1 563 453	1 572 045	1 576 367	1 582 705	1 596 312	1 602 331	1 616 051	1 626 556
Stock-change of consumed commodities	349 090	-37 427	-293 333	-521 475	-362 096	-37 719	-407 657	-30 701	-162 993	-288 552
Net change in carbon stock	16 469 559	16 737	15 829 365	15 661 041	15 204	14 166 539	16 999 923	16 153	16 600 207	17 073 437

Beskrivning av de olika beräkningssätten

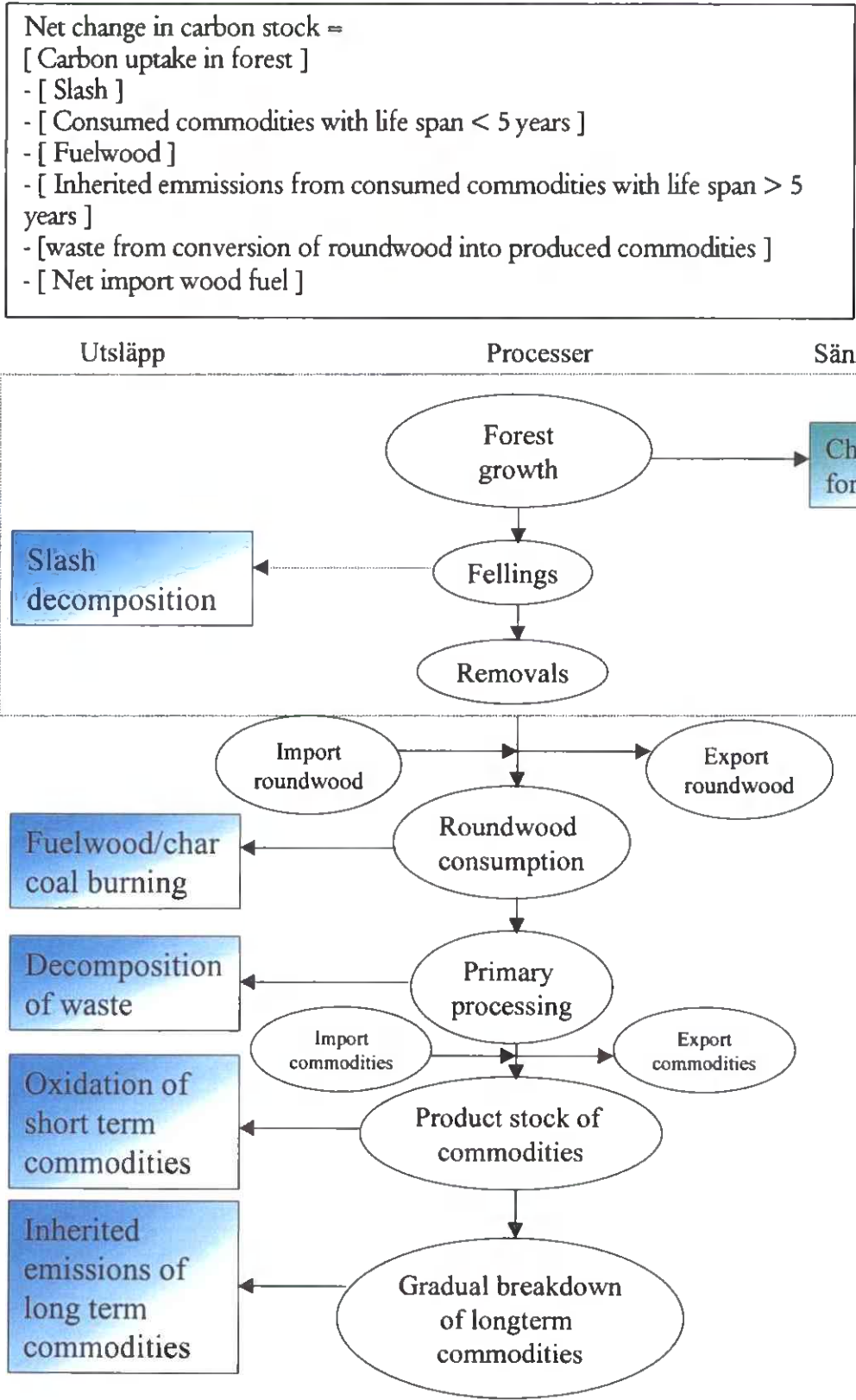
Här följer en grafisk beskrivning av de olika beräkningssätten samt ekvationerna för att beräkna kolbalansen. (Nabuurs & Sikkema, 1998)

IPCC-default sättet



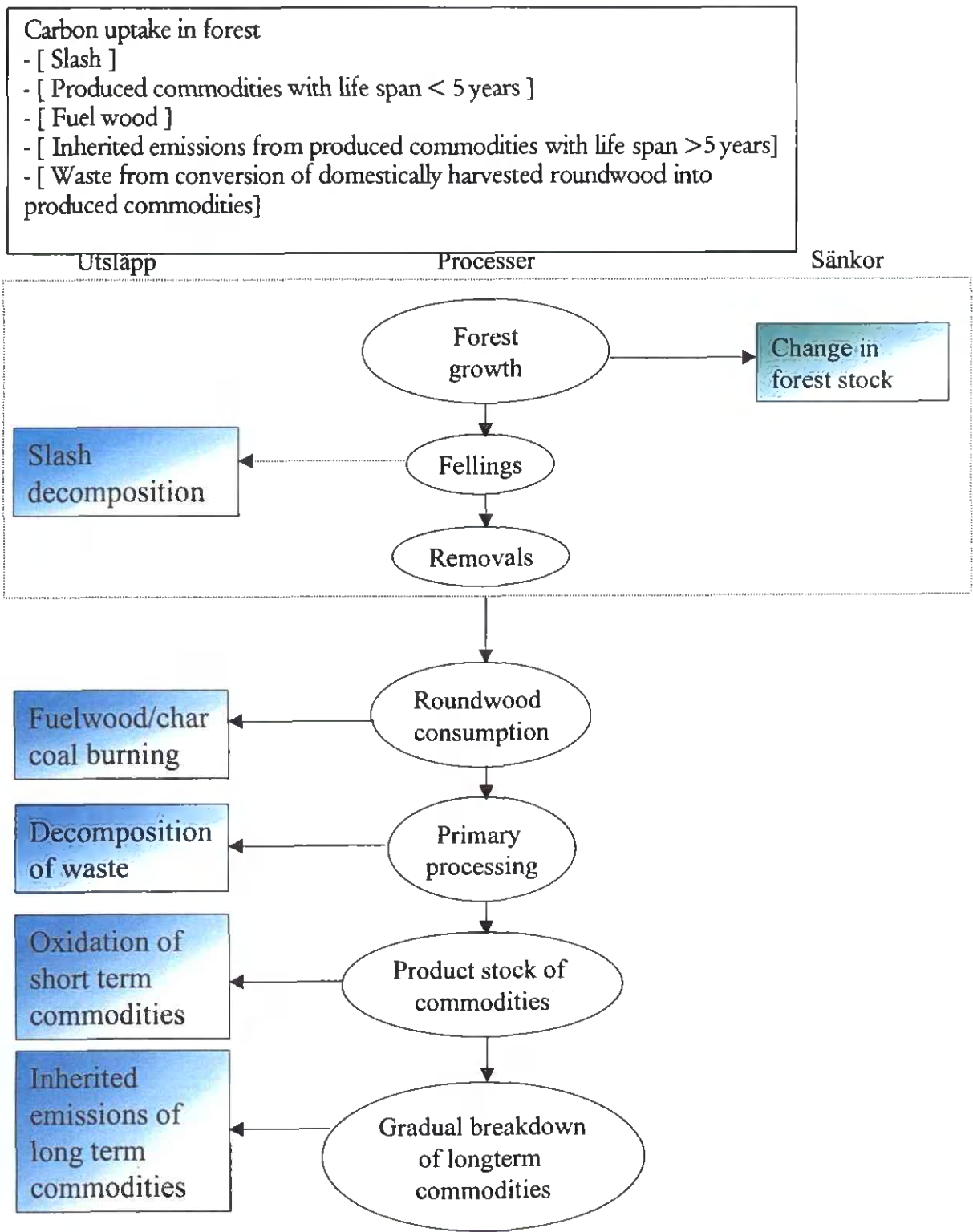
Figur 1. Flödesschema för IPCC-default sättet

Atmospheric-flow sättet



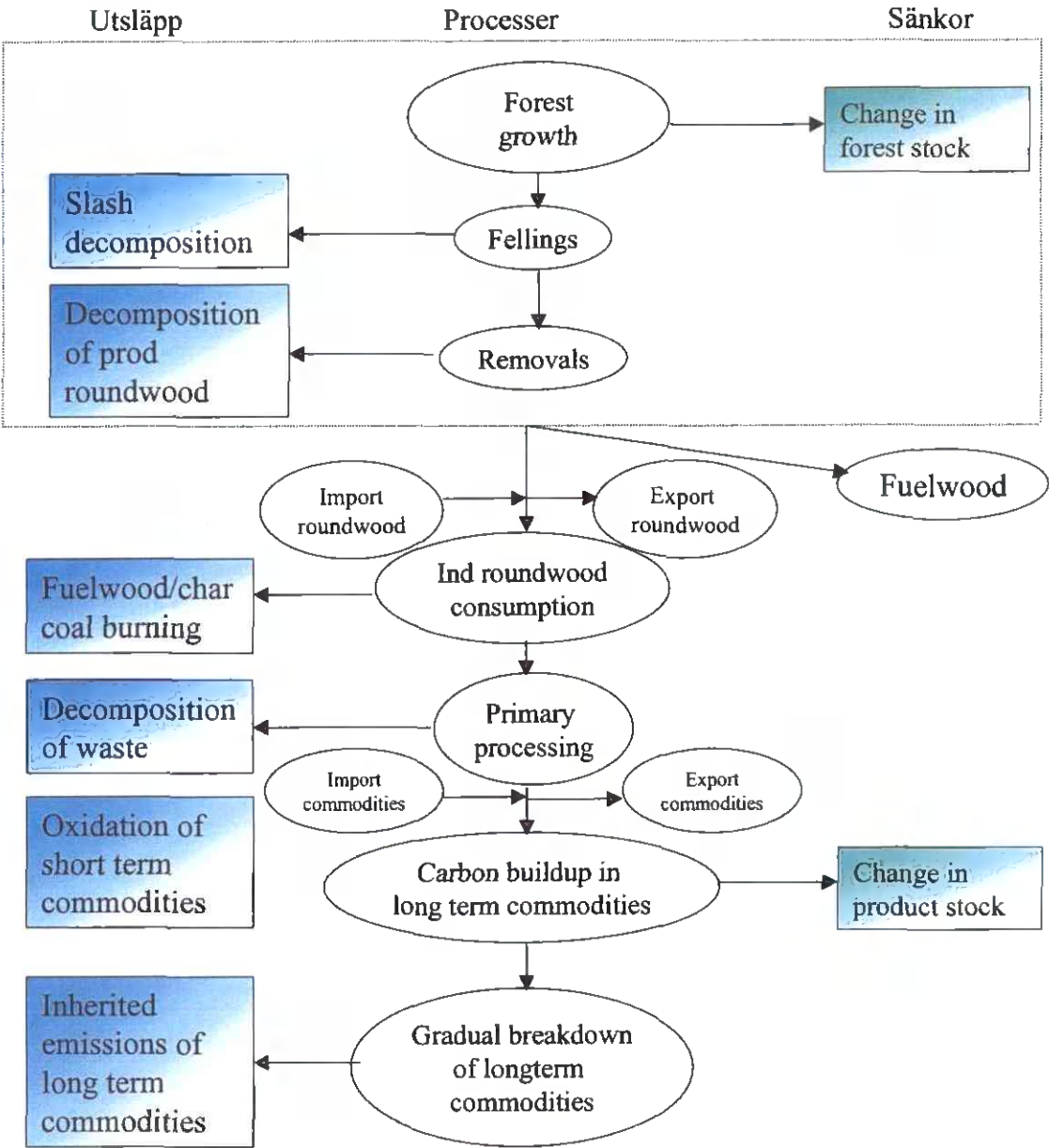
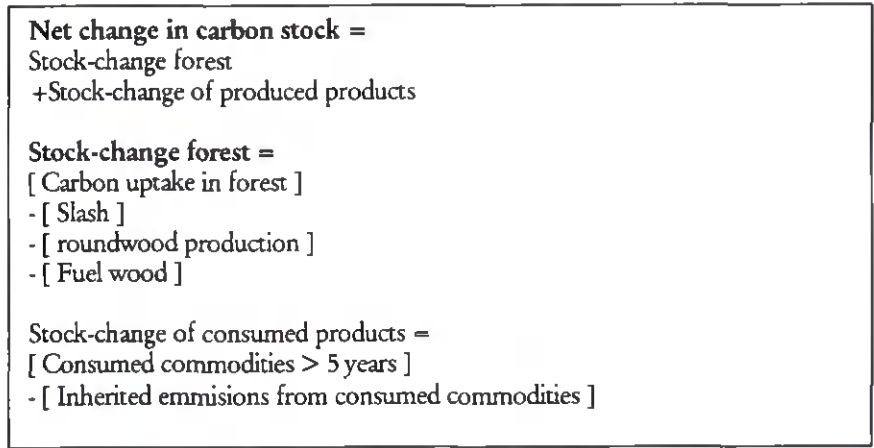
Figur 2. Flödesschema för Atmospheric-flow sättet

Production sättet



Figur 3. Flödesschema för Production sättet

Stock-change sättet



Figur 4. Flödesschema för Stock-change sättet.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

Trätek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-762 18 00
Telefax: 08-762 18 01

Vidéum, 351 96 VÄXJÖ
Besöksadress: P G Vejdes väg 15
Telefon: 0470-72 33 45
Telefax: 0470-72 33 46

Skeria 2, 931 77 SKELLEFT
Besöksadress: Laboratorgränd
Telefon: 0910-58 52 00
Telefax: 0910-58 52 65