

Okt 2022
IVL rapport C706
ISBN nr 978-91-7883-423-5

Visualisering av råvaruflöden och hållbarhet för framtida svenskt skogsbruk

Från skog till produkt

ÅSA NILSSON, PER ERIK KARLSSON, JACOB ANDRÉN, JOSEFIN NEUWIRTH, ESKIL MATTSSON, MARTIN
ERLANDSSON (IVL)

HAMPUS HOLMSTRÖM (SLU)

Leverabel D3.3.2 från Mistra Digital Forest.

Denna rapport redovisar resultat från arbetet med att, baserat på beräkningsverktygen BioMapp och Heureka, ta fram ett flexibelt och interaktivt verktyg för visualisering av användardefinierade scenarier i den svenska skogliga värdekedjan. Rapporten visar exempel på den typ av resultat som kan genereras med visualiseringsverktyget.

Förord

Mistra Digital Forest finansieras av Mistra och deltagande parter. Forskningsprogrammets vision är att skapa digitala lösningar för en hållbar och effektiv skoglig bioekonomi.

Programmet leds av Skogsindustrierna och programparter är BillerudKorsnäs, Holmen, SCA, Stora Enso, Sveaskog, Södra, SLU, IVL, Skogforsk, Umeå universitet samt KTH.

www.mistradigitalforest.se



Innehåll

Sammanfattning	5
Summary.....	6
1 Bakgrund	7
2 Syfte.....	8
3 BioMapp	8
4 Metod.....	9
4.1 Skogliga scenarier med Heureka PlanVis.....	9
4.1.1 Scenario 1: Inget skogsbruk.....	10
4.1.2 Scenario 2: Dagens skogsbruk	10
4.1.3 Scenario 3: Ökad produktion.....	10
4.1.4 Scenario 4: Ökad produktion och ökat uttag.....	10
4.1.5 Scenario 5: Dubbla naturvårdsarealer	10
4.1.6 Scenario 6: Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk.....	11
4.1.7 Scenario 7: Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider	11
4.2 Modellering och beräkningar i BioMapp.....	11
4.2.1 Processmodellering i BioMapp.....	11
4.2.2 Massflöden.....	12
4.2.3 Klimatpåverkan	13
4.3 Hållbarhetsindikatorer för skogsbruk.....	13
4.3.1 Generellt.....	13
4.3.2 Referens-, preferens- och indifferensvärden	14
5 Resultat.....	16
5.1 Heureka PlanVis	16
5.2 BioMapp.....	16
5.2.1 Produktion av skogsråvara	17
5.2.3 Produkter	17
5.2.4 Klimatpåverkan	18
5.3 Beräkningar av hållbarhetsindikatorer	23
5.3.1 Produktion av skogsråvara	23
5.3.2 Indikatorn för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald	25

5.3.3	Indikator för skogsbrukets påverkan på klimatet	28
5.3.4	Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens rekreativsvärde.....	31
5.3.5	Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens ekonomiska värden.....	33
5.4	Klimatpåverkan från hela den skogsindustriella värdekedjan	37
5.4.1	Kronobergs län.....	38
5.4.2	Västernorrlands län	40
5.5	Ett exempel på jämförande analys av olika hållbarhetsindikatorer	42
5.6	Interaktivt webbverktyg.....	44
6	Diskussion	44
6.1	BioMapp	44
6.1.2	Produktionen av skogsråvara	45
6.1.3	Produkter	45
6.1.4	Klimatpåverkan från fossila utsläpp	45
6.2	Hållbarhetsindikatorer.....	45
6.3	Klimatpåverkan från hela den skogsindustriella värdekedjan	46
6.4	Sammanfattningsvis	47
7	Fortsatt arbete.....	47
8	Referenser	48
Bilaga 1.	Resultat för hållbarhetsberäkningar för övriga scenarier.....	50
B.1.1	Beräkningar av hållbarhetsindikatorer	50
B.1.2	Produktion av skogsråvara.....	51
B.1.3	Indikatorn för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald	52
B.1.4	Biogen påverkan på klimatet.....	55
B.1.5	Påverkan på klimatet från fossila utsläpp	57
B.1.6	Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens rekreativsvärde.....	60
B.1.8	Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens ekonomiska värden.....	62
B.1.8.1	Skogens ekonomiska värden, arbetstillfällen.....	62
B.1.8.2	Skogens ekonomiska värden, skogsägaren nettointäkt	64
Bilaga 2.	Uttag från skogen (alla scenarier)	67
Bilaga 3.	Produkter (BioMapp).....	68
Bilaga 4.	Resultat klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser	69
Bilaga 5.	Balans av växthusgaser över hela den skogsindustriella värdekedjan.....	72

Sammanfattning

Arbetet inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetspaketet WP3, syftar övergripande till att utveckla metoder för att med ett hållbarhetsperspektiv beskriva och visualisera alternativa, framtida scenarier för produktion och användning av skogsråvara, för dagens och framtidens skogsbruk.

BioMapp har utvecklats för att kunna kombineras med simuleringsverktyget Heureka PlanVis, som utvecklas och förvaltas av Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. På så sätt kan BioMapp framöver användas både för visualisering av ett företags nuläge och för att visa olika händelseutvecklingar i framtiden, baserat på simuleringar i Heureka, med antingen företagsperspektiv, ett större perspektiv på landskapsnivå eller för hela Sverige.

I denna rapport beskrivs och testas funktionaliteten i verktyget BioMapp och det digitala flödet mellan Heureka PlanVis och BioMapp. Detta inkluderar datagenerering av skogliga scenarier i Heureka PlanVis, modellering och beräkning i BioMapp samt beräkning av hållbarhetsindikatorer.

Arbetet fördelades i tre större delmoment; datagenerering av skogliga scenarier i Heureka PlanVis, modellering och beräkning i BioMapp samt beräkning av hållbarhetsindikatorer som är relevanta för produktionen av svensk skogsråvara. Dessa indikatorer omfattar påverkan på biologisk mångfald, klimat, sociala faktorer samt ekonomi. Heureka PlanVis har använts för att beräkna olika resultatparametrar från skogsbruket, baserat på simuleringar av sju olika scenarier för två skogstätta län, ett i södra Sverige (Kronobergs län) och ett i norra Sverige (Västernorrlands län). Planeringshorisonten är 100 år, från 2010 till 2110, där resultat presenteras för 20 femårsperioder. Scenarierna är framtagna utifrån olika aspekter av optimering och skall inte tas som prognoser för framtiden.

Resultaten visar att förändrad produktion av skogsråvara påverkar råvaruflödena i BioMapp, men det återstår att utveckla hur förändringar i sortimentens kvalitet påverkar fördelningen mellan relevanta processer.

De fyra scenarier som analyserats i detalj, av vilket ett utgör "Dagens skogsbruk", får anses fullt realistiska, förutom scenariot "Inget skogsbruk", som inkluderats för att illustrera konsekvenserna av om all skog lämnas för fri utveckling.

De metoder som föreslagits för att beräkna olika hållbarhetsindikatorer för svenskt skogsbruk fungerar med några få undantag väl att applicera tillsammans med de resultatvariabler som kan produceras med Heureka PlanVis på länsnivå.

Resultaten som redovisas i denna rapport skall betraktas som preliminära och som exempel på resultat som kan genereras. Beräkning av värden för ansatta hållbarhetsindikatorer har i detta skede gjorts utanför BioMapp.

Under nästa fas av Mistra Digital Forest kommer scenariobaserade substitutionseffekter att integreras i BioMapp för att ge en tydligare bild av vilken effekt olika typer av skogsbruk kan ge för koldioxidutsläpp på en större systemnivå när produkter baserade på skogsråvara ersätter produkter med högre klimatbelastning. Biogent kol från träbaserade produkter (harvested wood products, HWP) kommer också att integreras i BioMapp i det fortsatta utvecklingsarbetet.

Summary

The overall aim with the WP3 within Mistra Digital Forest is to develop methods to describe and visualize alternative, future scenarios through a sustainability perspective for the production and use of forest raw material for current and future forest management.

In this report the functionality of the BioMapp tool is described as well as the digital flow between Heureka PlanVis and BioMapp. This includes the generation of scenarios in Heureka PlanVis, modelling and calculations in BioMapp and estimation of sustainability indicators.

BioMapp has been developed to be combined with Heureka PlanVis, a simulation tool that has been developed and managed by the Swedish University of Agricultural Sciences, SLU. Hence, BioMapp can be used to visualize the current state of a forest company and show a future scenario, based on simulations in Heureka with a forest company perspective or a larger landscape perspective or at the national level.

This work package was divided in three steps; generation of data comprising of forest scenarios in Heureka PlanVis, modelling and calculations in BioMapp and estimation of sustainability indicators that are relevant to produce forest raw material in Sweden. The indicators include impact on biodiversity, climate change, social and economic factors. Heureka PlanVis has been used to calculate different result parameters from forestry, based on simulations from seven different scenarios from two counties with large forest cover in Sweden, Västernorrland in the northern part of Sweden and Kronoberg in the south part of Sweden. The planning horizon is 100 years, from year 2010 until year 2110, where the results are presented in 20 different five-year periods. The scenarios are developed based on different aspects of optimization and should not be seen as a forecast of what will happen in the future.

The results show that changed production of forest raw material affects the flow of raw material in BioMapp, but it remains to develop how changes in assortment quality influence the distribution between relevant processes.

The four scenarios that have been analysed in detail, of which one is “current business as usual scenario” can be regarded as realistic, except the scenario “no forest management” which has been included to illustrate the consequence of cessation of silvicultural input where the forest is naturally regenerated.

The methods that have been suggested to calculate different sustainability indicators for Swedish forestry are performing well in most cases to apply together with the result variables that can be produced with Heureka PlanVis at the county level.

The results that are presented in this report should be regarded as preliminary and as examples of results that can be generated. In this report, values for the sustainability indicators have calculated outside the BioMapp tool.

In the next phase of Mistra Digital Forest, we aim to assess substitution effects of forest raw materials and products, considering different forest management techniques and the climate performance of competing products over time. Biogenic carbon in wood-based products (Harvested Wood Products) will also be considered in the further work of BioMapp.

1 Bakgrund

Den svenska skogen utgör en viktig del av den svenska ekonomin och spelar även en betydande roll för att möta Sveriges klimatpolitiska vision att minska landets utsläpp av växthusgaser till netto-noll år 2045 (Regeringen 2017). Regeringen har även initierat en satsning för att ta Sverige mot att bli en biobaserad ekonomi år 2050 (Bioinnovation, 2022). Allt pekar mot att användning av skogsråvara för olika produkter kommer att öka i framtiden och en förväntad framtida tillväxt inom skogsindustrin medför ett ökat behov av skogsråvara (SOU 2020:73). Redan idag råder det dock konkurrens om att använda såväl skoglig som annan biobaserad råvara i industrin. Förväntningarna på framtidens bioekonomi är med andra ord höga, vilket konstateras bland annat i Skogsutredningen (2019). I rapporten Skogen räcker inte – hur ska vi prioritera? (Lundmark, 2020), finner man följande citat:

”Skogen och skogens tillväxt räcker inte till alla mål och förväntningar som finns idag. Alla samhällsmål måste betraktas och värderas samtidigt – vi måste prioritera.”

Utöver frågan om hur skogen skall räcka till finns det i samhällsdebatten även frågeställningar kring skogens värden och hållbarheten hos dagens svenska skogsbruk och dess fortsatta värdekedjor (se till exempel en sammanställning av pågående forskning från Mitthögskolan, 2022). Det står klart att skogsbrukets påverkan på alla aspekter av hållbarhet inte kommer att kunna optimeras fullt ut (Skogsutredningen, 2019). Det kommer att krävas olika typer av avvägningar och kompromisser, som i slutändan behöver grundas i politiska beslut. Beslutsfattare kommer därmed att behöva olika kvantitativa beslutsunderlag att utgå från. Utmaningen kommer att vara att värdera olika aspekter mot varandra och att finna kompromisser som kan accepteras av de flesta. Förutom klimatnytta och biologisk mångfald påverkar svenskt skogsbruk och dess fortsatta värdekedjor väsentliga ekonomiska och sociala värden. Alla dessa värden behöver beskrivas, kvantifieras och vägas mot varandra, för att finna optimala alternativ vad gäller framtida svenska skogsbruk och dess produkter.

För att försöka uppfylla alla mål och förväntningar på den svenska skogsindustrin är det därför viktigt att hållbarhetsaspekter i skogsbruket och i produkternas fortsatta värdekedja är väl analyserade, dokumenterade och kommunicerade. Arbetspaketet 3.3. inom programmet Mistra Digital Forest syftar därför övergripande till att utveckla och applicera verktyg som kan användas för att visualisera olika alternativ för ett framtida hållbart skogsbruk som förser en svensk bioekonomi med skogsråvaror. Avsikten har varit att möjliggöra digital systemanalys för hållbarhets- och cirkularitetsbedömningar av biobaserade produkter med olika geografiska skalor, för att bidra till programmets vision om digitala lösningar för en hållbar och effektiv skogsbaserad bioekonomi.

Arbetet har bedrivits stegvis genom:

- 1 Att vidareutveckla och ta fram nya verktyg för att åskådliggöra för- och nackdelar med alternativa scenarier för framtida hållbart skogsbruk och resterande värdekedjor
- 2 Att kvantifiera råvaruflöden för värdekedjor och till dessa knyta hållbarhetsindikatorer
- 3 Att ta fram ett användarvänligt verktyg för att åskådliggöra konsekvenser av olika, av användaren, skapade scenarier

Arbetet som mynnat ut i denna rapport är ett samarbete inom Mistra Digital Forest mellan SLU och IVL Svenska Miljöinstitutet. För skogliga scenarierberäkningar användes SLUs programvara Heureka PlanVis (Wikström m. fl, 2011). Resultaten från Heureka PlanVis tillämpades inom visualiseringsverktyget BioMapp, som vidareutvecklats inom MDF (Nilsson m. fl, 2021), för några exempel på skogliga scenarier

sammankopplade med värdekedjan för produkter från den svenska skogsindustrin. Värdet av olika hållbarhetsindikatorer beräknas för respektive scenario för produktion av skogsråvara.

2 Syfte

Syftet med denna rapport är att på ett övergripande sätt beskriva utvecklingen av verktyg som kan användas för att kvantifiera råvaruflöden för svenskt skogsbruk och dess resterande värdekedjor och till dessa knyta olika hållbarhetsindikatorer med målet att åskådliggöra eventuella för- och nackdelar med olika alternativa framtida scenarier.

Specifikt beskrivs och testas funktionaliteten i verktyget BioMapp och det digitala flödet mellan Heureka PlanVis och BioMapp. Detta inkluderar datagenerering av skogliga scenarier i Heureka PlanVis, modellering och beräkningar i BioMapp. Beräkningar av hållbarhetsindikatorer som omfattar påverkan på biologisk mångfald, klimat, sociala faktorer samt ekonomi har i detta skede gjorts utanför BioMapp. Resultaten som redovisas i denna rapport skall betraktas som preliminära och som exempel på resultat som kan genereras.

Verktygen kan användas för att skapa en kvantitativ, vetenskapligt baserad grund för framtida dialoger och avvägningar kring svenskt skogsbruk och producerad skogsråvara. Målsättningen är att skapa en gemensam modell som länkar problemställningar och konsekvenser till optimerade lösningar.

3 BioMapp

Visualiseringsverktyget BioMapp utvecklas inom Mistra Digital Forest, WP3, för att kunna understödja visualiseringen av ett framtida hållbart skogsbruk i kombination med nya, såväl som befintliga, produktionsprocesser inom de skogliga värdekedjorna (Nilsson m. fl., 2021). BioMapp har utvecklats för att kunna kombineras med simuleringsverktyget Heureka PlanVis, som utvecklas och förvaltas av SLU (Wikström m. fl., 2011). På så sätt kan BioMapp framöver användas både för visualisering av ett företags nuläge (t.ex. verksamheten under det senaste året) och visa en framtidsprognos, baserat på simuleringar i Heureka, med antingen företagsperspektiv, ett större perspektiv på landskapsnivå eller för hela Sverige.

Den geografiska avgränsningen för beräkningarna i BioMapp är skogsråvaror som produceras i Sverige och de produkter dessa råvaruflöden ger upphov i den svenska industrin, dvs en territoriell avgränsning. Ett Sverigeperspektiv innebär att enbart skogsråvara som kommer från den svenska skogen är det råmaterial som förädlas vidare.

De länsvisa resultat som presenteras i denna rapport baseras på fördelningskoefficienter som ansätts för hur massflödet från skogen fördelar sig till olika delar av förädlingsindustrin. Dessa fördelningskoefficienter är hämtade från nationell statistik och därmed inte specifika för respektive län. Modellens fördelningskoefficienter går dock att anpassa för att motsvara den specifika produktionen inom ett visst län eller annan geografisk avgränsning om man har tillgängliga data för detta. Den typen av anpassning har inte prioriterats i denna studie eftersom målet varit att visa på ett fungerande koncept. Motsvarande resonemang gäller för transportavstånd, som inte heller de är läns specifika i de exempelresultat som presenteras i denna rapport.

Eftersom ett Sverigeperspektiv är ansatt så beaktas inte import och/eller export av vare sig råvara eller produkter. Det är dock värt att notera att BioMapp inkluderar tillverkning av vidareförädlade produkter som sedan går på export. Det innebär att de utsläpp som generas vid tillverkning av produkter som går på

export är inkluderade i BioMapp, medan den klimatnytta som uppstår vid kolinlagring i exporterade produkter (HWP, se nedan) ännu inte inkluderas.

I detta skede avgränsas BioMapp till att inte inkludera ett produktionstak hos de ingående processerna, vilket innebär att om uttag från skogen ökar/minskar så kommer tillverkningen av biobaserade produkter att öka oavsett om det faktiskt finns sådan industriell produktionskapacitet eller inte. Efterfrågan av produkten har heller ingen inverkan.

Vissa processer har utelämnats vid modellering i BioMapp. Detta gäller processer som ansetts vara av avsevärt mindre betydelse och bara marginellt påverkar systemet i helhet. Ett exempel på en process som har exkluderats är produktionen av NSSC-massa (Neutral Sulphite Semi-Chemical).

I denna rapport avgränsas BioMapp också att inte inkludera scenariebaserade substitutionseffekter för analys av koldioxidutsläpp på en större systemnivå. Biogent kol från träbaserade produkter (Harvested Wood Products, HWP) har också utelämnats eftersom vi avvaktar vidareutveckling i Heureka av denna aspekt.

4 Metod

Arbetet fördelades i tre större delmoment; datagenerering av skogliga scenarier i Heureka PlanVis, modellering och beräkning i BioMapp samt beräkning av hållbarhetsindikatorer. Nedan följer en genomgång av dessa moment.

4.1 Skogliga scenarier med Heureka PlanVis

PlanVis är en programvara utvecklad av SLU för att göra konsekvensanalyser och upprätta åtgärdsplaner inom skogsbruket. Verkttyget möjliggör analyser på heltäckande data eller på ett urval. Tidshorisonten kan vara alltifrån några enstaka år vid taktisk planering till mer än 100 år för avverkningsberäkningar.

PlanVis har använts för att beräkna olika resultatparametrar från skogen, baserat på olika scenarier. De scenarier som använts för denna rapport presenteras nedan. Resultatet från Heureka används sedan som beräkningsunderlag för BioMapp där massflöden och utsläpp från skogsindustrin beräknas samt för beräkning av hållbarhetsindikatorer.

För att testa funktionaliteten i BioMapp har vi inom ramen för denna rapport valt att analysera två skogstäta län inom Sverige: Kronobergs- och Västernorrlands län. Dessa två län skiljer sig vad gäller naturliga-, klimatologiska och demografiska förutsättningar. Till skillnad från Västernorrlands län ägs och sköts en större del av skogen i Kronobergs län av enskilda och drivs som familjeskogsbruk.

Dessa två län har analyserats med Heureka PlanVis (version 2.18.3), där sju olika scenarier för respektive analysområde simulerades. Analysområdenas ingående skogstillstånd har skattats utifrån Riksskogstaxeringens provyteinventering 2010 där 331 provytor i Västernorrland representerar länets totala produktiva skogsmarksareal om 1 695 310 hektar och där 213 provytor i Kronoberg representerar länets totala produktiva skogsmarksareal om 627 813 hektar. Planeringshorisonten är 100 år, från 2010 till 2110, där resultat presenteras i 20 femårsperioder. De sju simulerade scenarierna presenteras kort nedan. Scenarierna är framtagna utifrån olika aspekter av optimering och skall inte tas som prognoser för framtiden.

4.1.1 Scenario 1: Inget skogsbruk

Scenariot speglar skogens fria utveckling, hur den skulle kunna tänkas leva (växa) och dö, under förutsättning att inget skogsbruk skulle bedrivas. Här simuleras då inga massflöden/uttag av biomassa

4.1.2 Scenario 2: Dagens skogsbruk

Scenariot speglar en utveckling där Sveriges skogar används och sköts såsom idag och som den gjorts de senaste 10–20 åren. Det beskriver utvecklingen förutsatt nuvarande inriktning och ambitionsnivå i skogsskötseln och observerat avverkningsbeteende. Avverkningen betecknar potentiell avverkning och är så hög som möjligt utan att efterföljande avverkning (i nästa beräkningsperiod) nämnvärt minskar, vilket innebär att den i princip är lika hög som nettotillväxten (bruttotillväxt minskat med naturliga avgångar) på den del av den produktiva skogsmarken som brukas. Samtidigt simuleras naturvårdshänsyn i samband med simulerade skogsbruksåtgärder, dels som arealer undantagna från skogsbruk, dels som lämnande av naturvårdsträd. Även simuleringen av andra skötselsystem än trakthyggesbruk, här i huvudsak hyggesfritt skogsbruk, kan ses som simulering av naturvårdshänsyn (eller iallafall "hänsyn till andra värden än virkesproduktionsvärden"). Notera att även detta scenario är just ett scenario och inte en prognos för kort- och långsiktigt utfall av t.ex. avverkade mängder skog. Scenariot utgör i sammanhanget ett referensscenario vars resultat (eg. skattningar) kan jämföras med andra scenariers resultat.

4.1.3 Scenario 3: Ökad produktion

Scenariot belyser potentialen för och effekterna av en ökad virkesproduktion (tillväxt) givet rimliga men höga investeringsnivåer i skogsbruket. Avverkning simuleras här på samma sätt som i scenario 2 och uttaget ökar då motsvarande den ökade tillväxten. I detta scenario ingår simulering av ett antal produktionshöjande åtgärder. Dessa åtgärder motiveras utifrån antagande om framtida hög efterfrågan på virkesråvara och en god lönsamhet i skogsbruket. Produktionshöjningen sker genom effektiviseringar/förbättringar av konventionella skogsskötselåtgärder och genom introduktion av nya åtgärder såsom

1. användning av *P. contorta* och andra exoter/hybrider (snabbväxande trädslag),
2. användning av förädlat plantmaterial och
3. gödsling

Därutöver simuleras ett minimum av naturvårdshänsyn i de brukade delarna av produktionsskogen.

4.1.4 Scenario 4: Ökad produktion och ökat uttag

Scenariot belyser, än mer än scenario 3, potentialen för och effekterna av en ökad virkesproduktion (tillväxt) genom att även simulera ett ökat uttag av biomassa. Här görs, när så är tillämpligt, GROT-uttag i samband med både slutavverkning och gallring, viss stubbskörd i samband med slutavverkning och s.k. biogallring (simulerandes flerträdshantering och helträdsuttag där allt flisas för att utgöra biobränsle) i samband med förstagallring. Dessutom ställs här ett högre avkastningskrav genom att öka räntan i de nuvärdesmaximerande analyserna med 1% (från 2% till 3% i Västernorrlands län, från 2.5% till 3.5% i Kronobergs län).

4.1.5 Scenario 5: Dubbla naturvårdsarealer

Scenariot speglar en utveckling där dubbelt så stora arealer avsätts, främst av naturvårdsskäl, som i scenario 2: Dagens skogsbruk. Dessa ökade avsättningar simuleras i reservat/NO-skogar liksom i den förstärkta och generella naturvårdshänsynen i samband med skogsbruksåtgärder.

4.1.6 Scenario 6: Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk

Scenariot speglar ytterligare naturvårdshänsyn i förhållande till scenario 5, där en naturvårdsinriktad skogsskötsel simuleras med, till föreliggande skogar, anpassade former av kontinuitetsskogsbruk på ca 25% av den brukade produktionsskogens arealer.

4.1.7 Scenario 7: Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider

Scenariot speglar ytterligare naturvårdshänsyn i förhållande till scenario 6, där omloppstiderna i de brukade produktionsskogarna simuleras förlängas med ca 50%.

4.2 Modellering och beräkningar i BioMapp

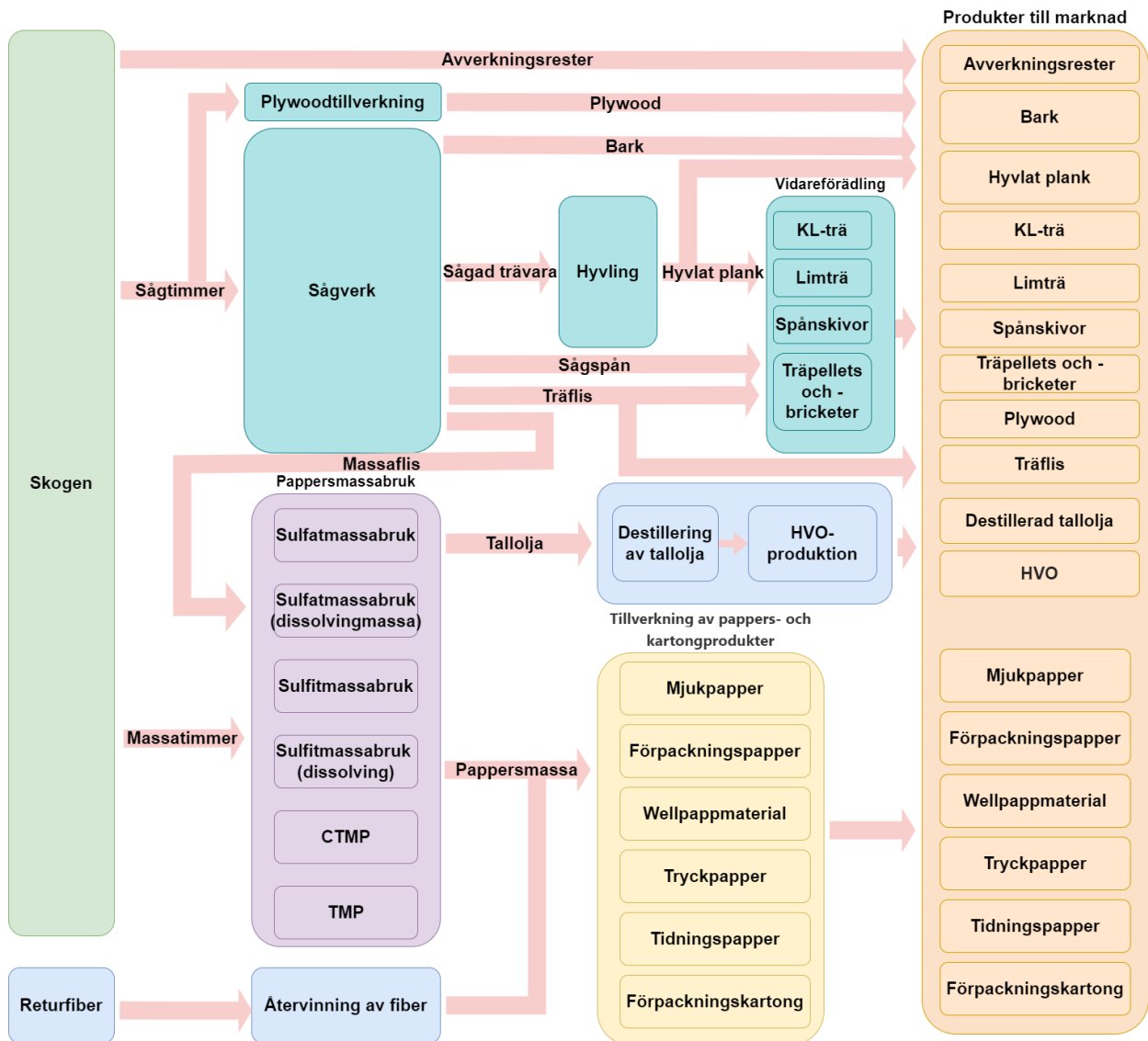
Klimatpåverkan i BioMapp beräknas som GWP-GHG, dvs alla växthusgasutsläpp inkluderas förutom biogent kol som binds i produkter och hanteras separat och inte heller den biogena kolinbindning som sker till skogsekosystemen. Klimatpåverkan från fossila utsläpp beräknas för varje steg i förädlingsledet, inklusive påverkan från produktionen av skogsråvaran genom skogsbruk. Andra hållbarhetsindikatorer för skogsbruket har i denna rapport beräknats utanför BioMapp. Ambitionen är att dessa hållbarhetsindikatorer ska kunna integreras i BioMapp i nästa fas av Mistra Digital Forest.

4.2.1 Processmodellering i BioMapp

BioMapp är ett modulärt verktyg och användaren väljer själv hur denne önskar bygga sin modell. I detta arbetspaket har målet varit att bygga en modell som kan anses någorlunda representativ för den svenska skogsindustrins förädlingsprocesser. BioMapp-modellen delades upp i tre större huvudområden; skogsbruk, massa- och pappersindustrin samt trävaruindustrin. Processer och flöden som modellerats i BioMapp finns presenterade i Figur 1.

Trävaruindustrin i BioMapp består av två huvuddelar; sågverk och vidareförädling. Sågverket förses med rundvirke och producerar sedan sågad vara, bark, sågspån och träflis. En delmängd av träflisen går sedan till pappersmassabruken, och resterande till annan användning. Vidareförädlingen av sågverkens produkter som ingår i BioMapp är tillverkning av hyvlat vara, korslimmat trä (KL-trä), limträ, spånskivor, träpellets samt övrigt träråvara. Plywoodtillverkning sker med en delmängd av det granvirke som kommer från skogen.

Mass- och pappersindustrin som finns representerad i BioMapp består av två huvudprocesser; massabruk samt papper- och kartongtillverkning. Massabruken som är inkluderade i BioMapp är följande; Sulfat-, Sulfat- (dissolvingmassa), Sulfit-, Sulfit- (dissolvingmassa), Kemisk-termomekanisk- (CTMP) och Termomekanisk massabruk (TMP). Processen för återvinning av fiber är också inkluderad i BioMapp.



Figur 1: Flödesbild över implementerade processteg i BioMapp.

4.2.2 Massflöden

I BioMapp är aktuella massflöden beräknade baserat på information från rapporter och statistik enligt Tabell 1. Vid analyser av olika scenarier är det endast produktionen av skogsråvara som varieras. Detta påverkar i sin tur sedan storleken på massflöden i BioMapp, men fördelningen mellan processer i BioMapp-modellen är konstant oavsett vilket scenario som studeras. Påverkan av olika kvaliteter av sorterat skogsråvara är således ännu inte inkluderat, förutom en uppdelning på sågtimmer eller som massaved.

Tabell 1: Uppskattning av massflöden baserat på information från rapporter och statistik.

Flöde	Referens
Avverkningsvolym skogsråvara	Heureka
Vedutbyte och andel genererade biprodukter i sågverk	Biometria, 2019
Sågverkens biprodukter uppdelat på användningsområde	Biometria, 2019
Mängd producerat KL-trä	Erlandsson 2022
Mängd producerat lim-trä	Erlandsson 2022
Mängd producerade spånskivor	Erlandsson 2022
Mängd producerat plywood	Erlandsson 2022
Mängd producerad träpellets	Erlandsson 2022
Råvarubehov och mängd producerad massa	Miljörapporter 2019 och statistik från skogsindustrierna
Råvarubehov och mängder producerat papper och kartong	Miljörapporter 2019 och statistik från skogsindustrierna
Råvarubehov destillering av tallolja	Cashman m.fl., 2015
Råvarubehov produktion av HVO från talloljefettsyror	Preem, 2022

4.2.3 Klimatpåverkan

I BioMapp har klimatpåverkan (GWP-GHG), med avseende på koldioxidekvivalenter, beräknats för varje processteg där data och information är tillgängligt. Klimatpåverkan för de ingående processer är beräknat ur ett livscykelperspektiv. Klimatpåverkan är beräknat enligt karakteriseringsfaktorer som baseras på IPCC AR4.

Uppgifter för den miljöpåverkan som uppstår för de olika träbaserade produkterna finns redovisade i en separat rapport (Erlandsson, 2022).

4.3 Hållbarhetsindikatorer för skogsbruk

4.3.1 Generellt

Generellt inom systemanalys av produktion som involverar markanvändning utgörs systemgränsen av den markareal som tas i anspråk för produktionen (UNEP, 2016). Skogsbruk planeras och genomförs med en helhetssyn. Systemavgränsningen för beräkningar av hållbarhetsindikatorer för skogsbruk är därför en skogsbrukares hela skogsinnehav. Beräkningar görs inte för enstaka, avverkade bestånd. Som skogsbrukarens hela skogsinnehav räknas all produktiv skogsmark, inklusive produktiv skog avsatt för hänsyn till andra värden. Impediment är undantagna från skogsbruksåtgärder enligt skogsvårdslagen och inkluderas inte i denna studie. Positiva och negativa hållbarhetsaspekter allokeras jämnt över en viss skogsbrukares, eller i detta fall länets, hela volym av producerad skogsråvara under en viss tidsperiod.

I denna studie görs beräkningar för femårsperioder under 100 år men uttrycks som en årlig påverkan, alternativt summerat över hela 100 års perioden.

Som en del av arbetet inom MDF arbetspaket 3 har metodik tagits fram för att beräkna ett flertal, vitt skilda hållbarhetsindikatorer som är relevanta för produktionen av svensk skogsråvara. Dessa indikatorer omfattar påverkan på biologisk mångfald, klimat, sociala faktorer samt ekonomi (Karlsson m.fl. 2021).

Resultaten från beräkningarna som redovisas i nästa avsnitt av denna rapport skall betraktas som en pilotstudie, där det huvudsakliga syftet var att testa hur resultatvariabler från Heureka PlanVis, applicerad på länsnivå, fungerar som underlag för beräkningar av de olika hållbarhetsindikatorer som föreslagits ovan. Som beskrivits ovan grundar sig beräkningarna med Heureka på länsnivå utifrån ett antal "stickprov" som utgörs av Riksskogstaxeringens provytor. Hur dessa resultat applicerats som indata till beräkningar av hållbarhetsindikatorer beskrivs under resultatdelen nedan.

Värden för de olika hållbarhetsindikatorerna har beräknats för de tjugo femårsperioderna för alla de sju scenarierna som används i denna studie. För att göra resultaten översiktliga beskrivs resultaten i detalj i huvudtexten endast för ett urval med fyra scenarier; Dagens skogsbruk, Ökad Produktion, Dubbla naturvårdsarealer samt Inget Skogsbruk. Resultaten för övriga scenarier redovisas i Bilaga 1.

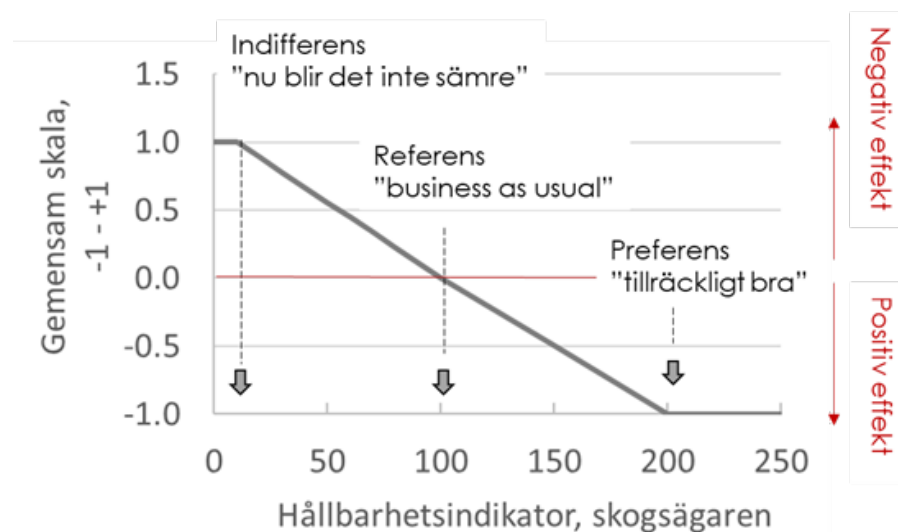
Beräkningarna av de olika indikatorerna är avsedda att göras enligt en stegvis procedur (Karlsson m. fl., 2021):

- En grundläggande metodik används för att beräkna påverkan vad gäller en viss hållbarhetsindikator, i absoluta mått. Denna metodik och de enheter som används kan vara olika för olika aspekter av hållbarhet.
- Grundläggande värden för en viss indikator överförs till en gemensam, relativ skala för alla indikatorer, mellan -1 och +1. Dessa normaliserade värden benämns karakteriseringsfaktorer, KF. Av tradition inom livscykelanalys indikerar ett positivt värde på KF en negativ påverkan på denna aspekt av hållbarhet.
- Karakteriseringsfaktorer för en viss indikator relateras till storleken på arealen som används för produktion samt hur mycket skogsråvara som produceras på denna areal, genom att beräkna påverkansfaktorer, PF. I denna studie går vi dock inte vidare till att beräkna påverkansfaktorer.

4.3.2 Referens-, preferens- och indifferensvärden

För att överföra grundläggande absolutvärden för en viss hållbarhetsindikator till en gemensam skala för KF används referensscenarier samt preferens- och indifferensvärden. Vid beräkningar som gäller en enskild skogsägare beräknas ett nollvärde på den gemensamma, relativa skalan utifrån ett referensscenario som beräknas baserat på nuvarande, genomsnittliga tillstånd för den specifika aspekten av hållbarhet på regional nivå (Karlsson m.fl., 2021; Mattsson m.fl., 2022). För de flesta indikatorer används genomsnittliga värden för det län där den huvudsakliga andelen av skogsbrukarens produktiva skog är belägen. I den innevarande studien, där beräkningar görs endast på länsnivå, används istället tillståndet för den första tidsperioden för scenariot "Dagens skogsbruk" som referensscenario.

Preferens- och indifferensvärden används för att avgränsa de numeriska värdena på den relativa skalan. Preferensvärden kan beskrivas som en nivå på det absoluta värdet på indikatorn som är "tillräckligt bra" och kan baseras på olika målvärden eller liknande. Indifferensvärden kan beskrivas som en nivå, under vilken en förändring av det absoluta värdet på indikatorn inte längre kan anses ha samma betydelse, "det blir inte sämre". Beräkningarna av normaliserade karakteriseringsfaktorer utifrån absoluta numeriska värden för olika hållbarhetsindikatorer illustreras i Figur 2.



Figur 2: Illustration av metodiken som används för att överföra absoluta värden för en viss hållbarhetsindikator (x-axeln) till normaliserade karakteriseringsfaktorer en relativ skala mellan -1 och +1 (y-axeln), som kan användas för jämförelser av vitt skilda hållbarhetsindikatorer. (Källa: Karlsson m. fl., 2022.)

Vid slutlig tillämpning bör preferens- och indifferensvärden basera sig på olika målvärden som används inom miljömålsuppföljningen, alternativt vetenskapliga bedömningar av vilka nivåer som kan anses angelägna att uppnå. I denna pilotstudie används dock av pedagogiska skäl enkla relationer mellan referens och preferens- respektive indifferensvärden för att underlätta förståelsen av hur de olika indikatorerna fungerar i relation till resultatvärden från Heureka. I Tabell 2 anges de värden som används i denna studie som referens-, preferens- och indifferensvärden för Kronobergs län och i Tabell 3 motsvarande värden för Västernorrlands län. Dessa värden utgör endast exempel och skall inte användas i andra sammanhang.

Tabell 2: Referens-, preferens- och indifferensvärden för olika indikatorer för Kronobergs län, tillsammans med förklaring till beräkning av respektive värde.

Indikator	Enhet	Referens	Preferens	Indifferens	Referens	Preferens	Indifferens
Biologisk mångfald	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.37	0.90	0.100	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
Klimat, biogen	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	5.49	10.99	0.000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	balans = 0
Klimat, fossilt	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	0.015	0.008	0.031	dagens skogsbruk, period 1	10% av referensvärdet	dubbelt referensvärdet
social, rekreation	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.4	0.9	0.1	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
ekonomisk, arbetstillfällen	AWU ha ⁻¹	0.0007	0.0014	0.0001	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nettointäkt	SEK ha ⁻¹ år ⁻¹	661	1323	66	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet

Tabell 3: Referens-, preferens- och indifferensvärden för olika indikatorer för Västernorrlands län, tillsammans med förklaring till beräkning av respektive värde.

Indikator	Enhet	Referens	Preferens	Indifferens	Referens	Preferens	Indifferens
Biologisk mångfald	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.50	0.90	0.100	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
Klimat, biogen	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	2.41	4.82	0.000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	balans = 0
Klimat, fossilt	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	0.020	0.002	0.039	dagens skogsbruk, period 1	10% av referensvärdet	dubbelt referensvärdet
social, rekreation	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.4	0.9	0.1	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
ekonomisk, arbetstillfällen	AWU ha ⁻¹	0.0005	0.0010	0.0000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nettointäkt	SEK ha ⁻¹ år ⁻¹	806	1612	81	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet

5 Resultat

Under arbetet har sju olika scenarier för det svenska skogsbruket studerats. I detta kapitel presenteras resultat från fyra av dem;

- *Scenario 1 – Inget skogsbruk*
- *Scenario 2 – Dagens skogsbruk*
- *Scenario 3 – Ökad produktion*
- *Scenario 5 – Dubbla naturvårdsarealer.*

Dessa fyra scenarier presenteras eftersom de anses vara de mest realistiska vad gäller framtida utveckling av svenskt skogsbruk. Scenariot "Inget skogsbruk", är dock ett drastiskt scenario som inkluderats för att illustrera vad som kan tänkas hända om all skog lämnas för fri utveckling. För de tabeller och figurer som följer presenteras resterande scenariers resultat i Bilaga 1.

5.1 Heureka PlanVis

För de sju scenarier som valts utfördes två körningar för datagenerering, ett för varje län. Från varje körning valdes ett femtiotal resultatparamaterar ut och användes sedan som indata till BioMapp samt för beräkningar av hållbarhetsindikatorer. Heureka-data presenteras inte under resultatdelen då de endast ses som nödvändig data för vidare beräkningar, inte som ett resultat av projektet i sig.

5.2 BioMapp

Den version av BioMapp som använts i projektet presenterades ovan under avsnitt 4.2. Nedan beskrivs resultat som hämtats från BioMapp.

5.2.1 Produktion av skogsråvara

De värden som används som utgångsdata till BioMapp är uttag av skogsråvara från skogen. Tillgänglig mängd varierar beroende på scenario som beräknats i Heureka. I Tabell 4 och Tabell 5 presenteras förändringen av produktionen av olika sortiment av skogsråvara under en period av 100 år för olika scenarier, jämfört med Scenario 2 – Dagens Skogsbruk. I scenariot "Inget skogsbruk" sker naturligtvis ingen produktion av skogsråvara.

Av de två stora sortimenten av skogsråvara är det sågtimmer som ökar mest i scenariot "Ökad produktion", i synnerhet i Kronobergs län. I Västernorrland ökar sortimentet skogrester procentuellt mycket. Vad gäller scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" minskar de olika sortimenten procentuellt ungefär lika mycket i båda länen,

Tabell 4: Procentuell förändring i produktion av olika sortiment skogsråvara under en period av 100 år för olika scenarier jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Kronobergs län.

	Scenario 2 – Dagens produktion (Mton TS)	Scenario 3 – Ökad Produktion	Scenario 5 – Dubbla Naturvårdsarealer
Massaved	65	+28%	-13%
Sågtimmer	77	+41%	-13%
Skogsrester	7,6	+29%	-15%

Tabell 5: Procentuell förändring i produktion av olika sortiment skogsråvara under en period av 100 år för olika scenarier jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Västernorrlands län.

	Scenario 2 – Dagens produktion (Mton TS)	Scenario 3 – Ökad Produktion	Scenario 5 – Dubbla Naturvårdsarealer
Massaved	110	+32%	-14%
Sågtimmer	130	+37%	-11%
Skogsrester	6,5	+52%	-13%

5.2.3 Produkter

Utifrån de olika scenariokörningarna som utförts i Heureka PlanVis påverkas mängden produkter som genereras i värdekedjan som ett resultat av variationen i indata till BioMapp. I Tabell 7 och Tabell 7 anges hur stora förändringarna blev i produktuttag vid jämförelse mot Scenario 2 – Dagens skogsbruk.

Tabell 6: Tabell över förändring i mängd producerade skogliga produkter under en period av 100 år för olika scenarion, jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Kronobergs län.

	Scenario 2 – Dagens produktion (Mton TS)	Scenario 3 – Ökad Produktion	Scenario 5 – Dubbla Naturvårdsarealer
Avverkningsrester	7,6	+29%	-15%
Kutterspån	4,3	+41%	-13%
Plywood	0,26	+26%	-11%
Trävara till försäljning (utöver plywood och export)	27	+41%	-13%
Sågad trävara – Export	9,6	+41%	-13%
Träpellets	0,0086	+41%	-13%

Pappers- och kartongprodukter (utöver wellpapp)	0,021	+31%	-13%
Wellpapp	0,0060*	+31%	-13%
Destillerad Tallolja	0,000096*	+31%	-13%
HVO	0,00043*	+31%	-13%
Etanol (för vidareförädling)	0,071*	+31%	-13%

*Här är enheten Mton, inte Mton TS.

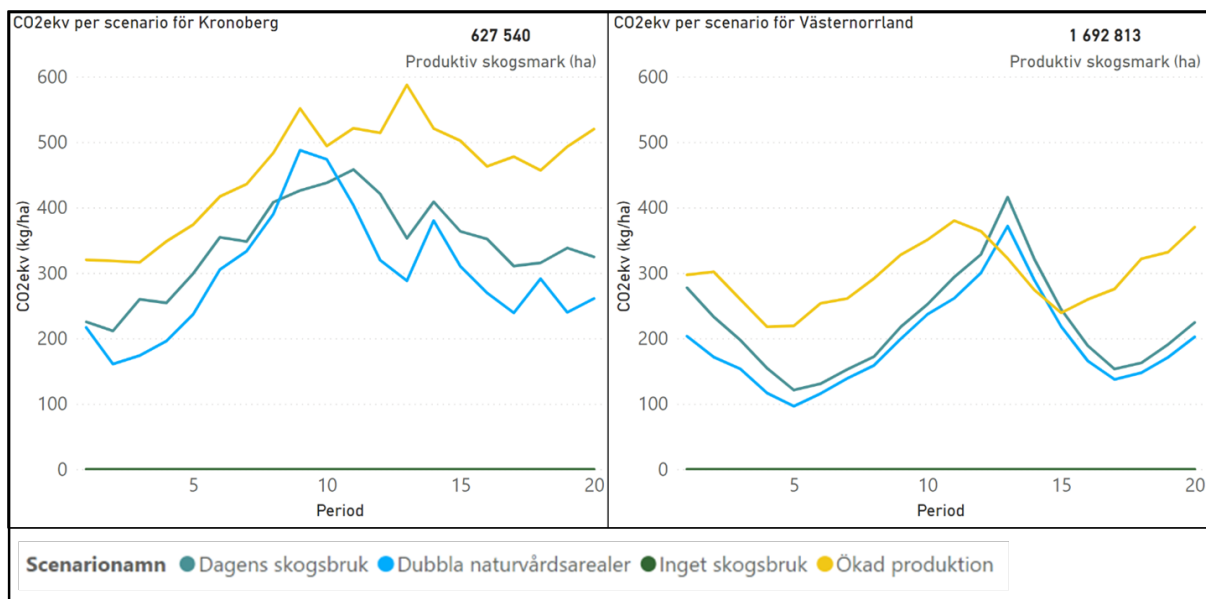
Tabell 7: Tabell över förändring i mängd producerade skogliga produkter under en period av 100 år för olika scenarion, jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Västernorrlands län.

	Scenario 2 – Dagens produktion (Mton TS)	Scenario 3 – Ökad Produktion	Scenario 5 – Dubbla Naturvårdsarealer
Avverkningsrester	6,5	+52%	-13%
Kutterspån	7,3	+37%	-11%
Plywood	0,13	+131%	+45%
Trävara till försäljning (utöver plywood och export)	46	+37%	-11%
Sågad trävara - Export	16	+37%	-11%
Träpellets	0,014	+37%	-11%
Pappers- och kartongprodukter (utöver wellpapp)	0,037	+33%	-13%
Wellpapp	0,011*	+33%	-13%
Destillerad Tallolja	0,00017*	+33%	-13%
HVO	0,00075*	+33%	-13%
Etanol (för vidareförädling)	0,12*	+33%	-13%

*Här är enheten Mton, inte Mton TS.

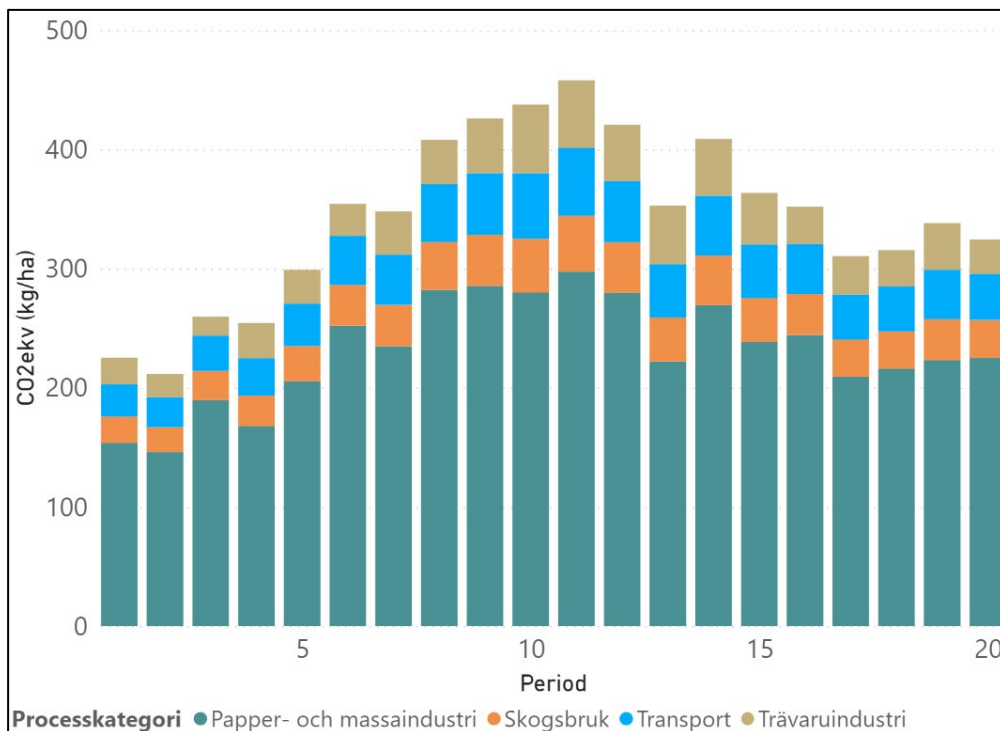
5.2.4 Klimatpåverkan

I Figur 3 visas beräknad årlig, fossil klimatpåverkan för fyra scenarier uttryckt som koldioxidekvivalenter. Data representerar de fossila utsläpp som beräknats i BioMapp baserat på avverkning av skog och andra skogsbruksåtgärder samt tillverkning och vidareförädling av produkter. Skogens biogena koldioxidbindning är ej medräknad utan endast fossila utsläpp finns representerade. Resultatet presenteras i enheten kg CO₂ekv per ha, vilket innebär att totala utsläpp ställts i relation till det aktuella länets areal av produktiv skogsmark.

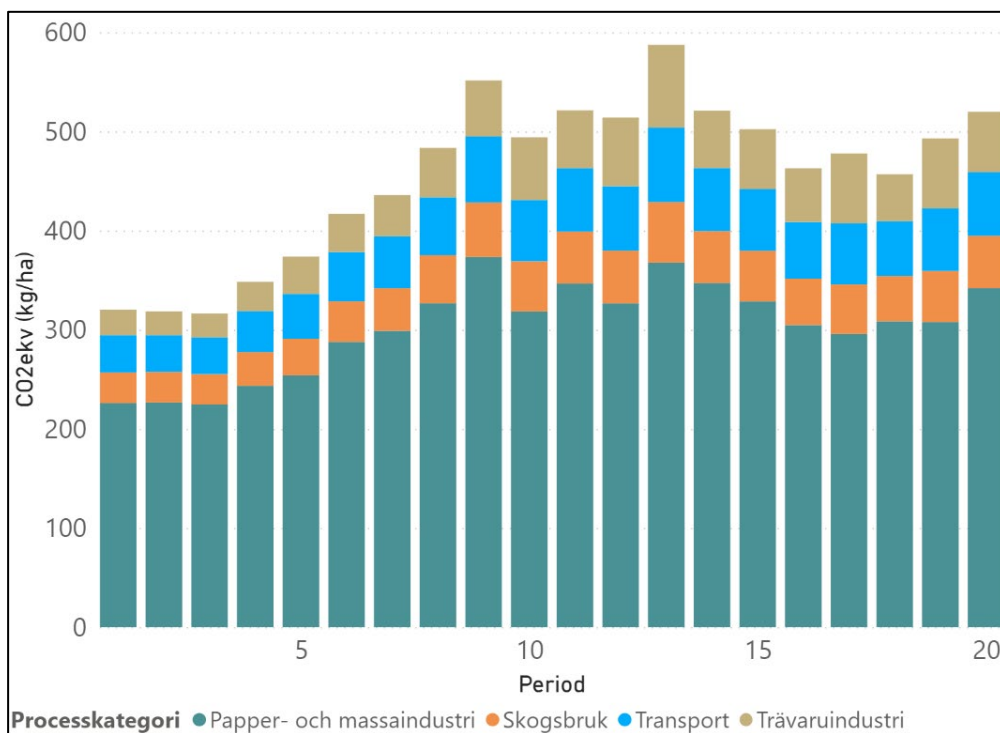


Figur 3: Årlig klimatpåverkan från fossila utsläpp som resultat av avverkning av skog och andra skogsbruksåtgärder samt produktion av skogsbaserade produkter, uttryckt i koldioxidekvivalenter per hektar och år. Till vänster för Kronobergs län och höger Västernorrland med fyra scenarion representerade. I scenariot "Inget skogsbruk" uppkommer inga fossila utsläpp, och kurvan för detta scenario ligger därmed längst x-axeln för båda länen.

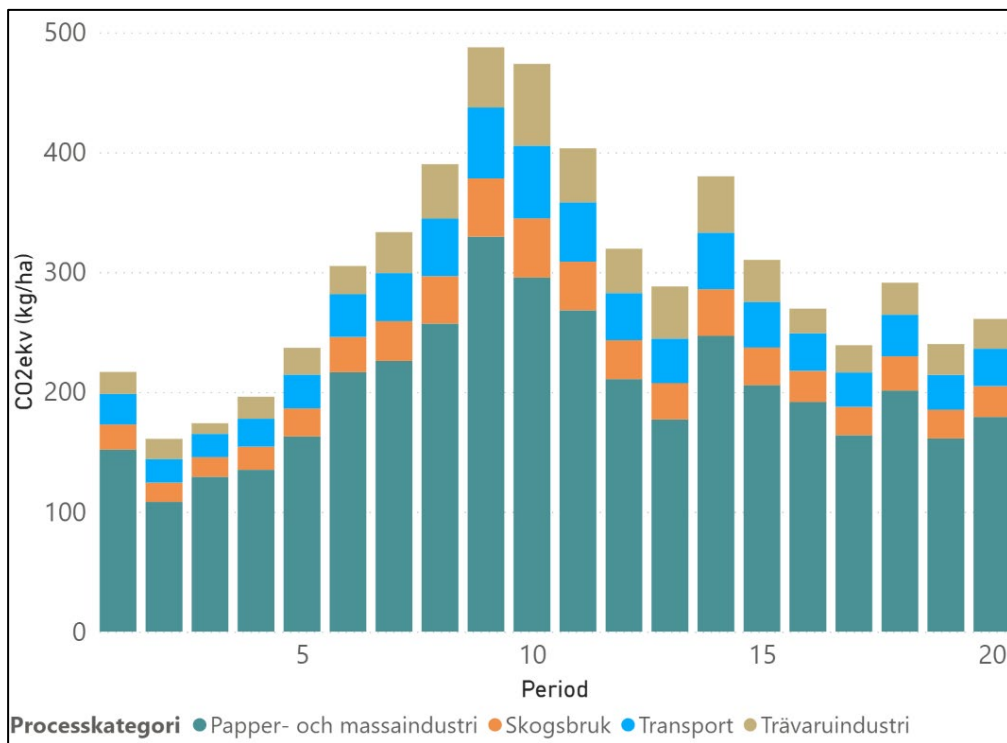
Årlig klimatpåverkan från fossila utsläpp per sektor åskådliggörs i Figur 4 till Figur 9 för de två studerade länen och för scenario 2, 3 och 5. Arealen i enheten på y-axeln hänvisar till den totala arealen produktiv skogsmark i respektive län. Figurerna visar att de fossila utsläppen från pappers- och massaindustrin dominerar. Vidare skiljer sig de fossila utsläppen något åt mellan scenarierna. Generellt är de fossila utsläppen högre i scenario 3, ökad produktion för samtliga processkategorier och samtliga 20 simulerade 5-årsperioder för både Kronoberg och Västernorrland jämfört med scenario 2, dagens skogsbruk. På samma sätt är de fossila utsläppen lägre i scenario 5, dubbla naturvårdsarealer för samtliga processkategorier och samtliga 20 simulerade 5-årsperioder för både Kronoberg och Västernorrland jämfört med dagens skogsbruk. Då även dessa diagram endast omfattar fossila utsläpp, till följd av en brukad skog och vidareförädling till produkter, särredovisar vi inget diagram med sektoriell fördelning för scenario 1 Inget skogsbruk. Där är de fossila utsläppen lika med noll, vilket visades redan i Figur 3.



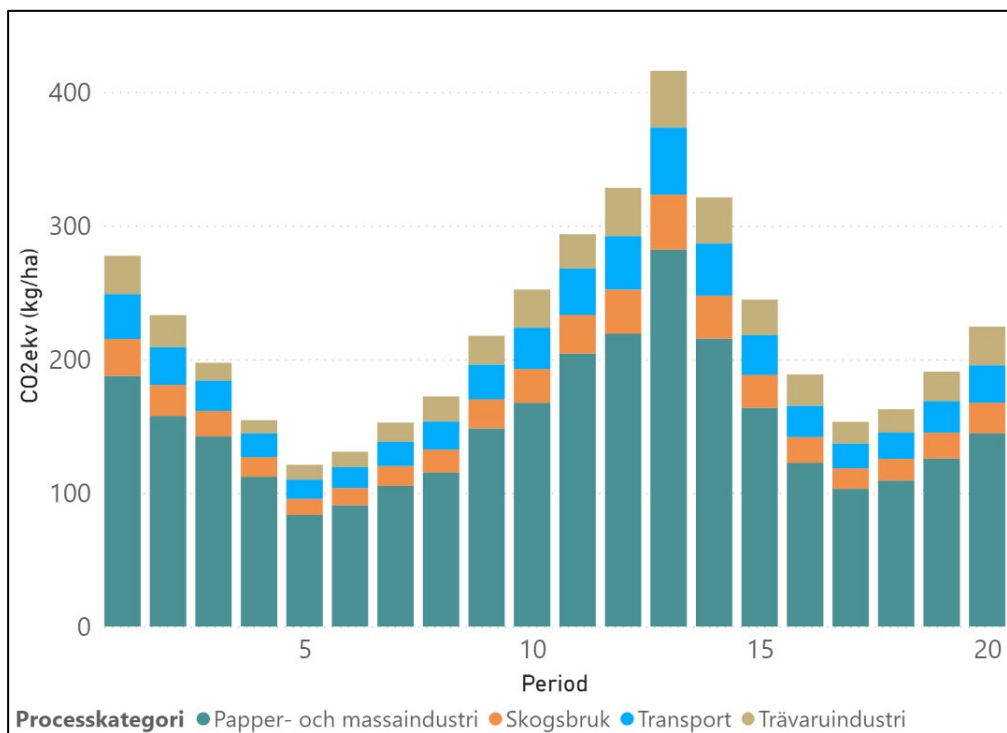
Figur 4: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 2 Dagens skogsbruk. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



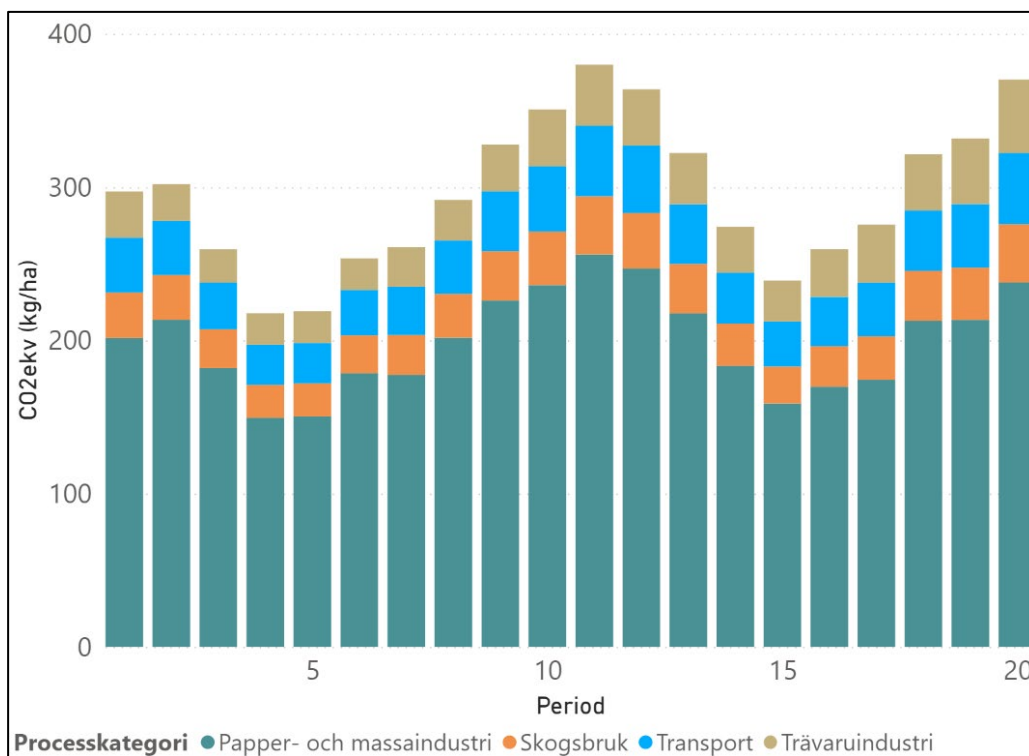
Figur 5: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 3 Ökad produktion. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



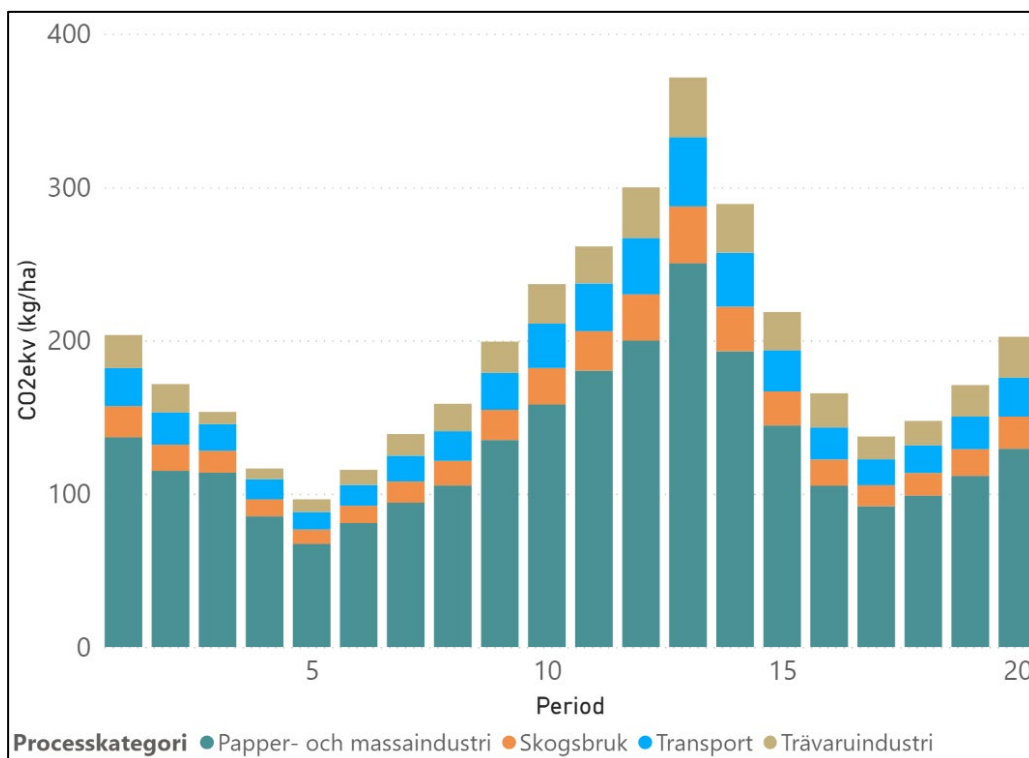
Figur 6: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 5 Dubbla naturvårdsarealer. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



Figur 7: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Västernorrlands län, scenario 2 Dagens skogsbruk. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



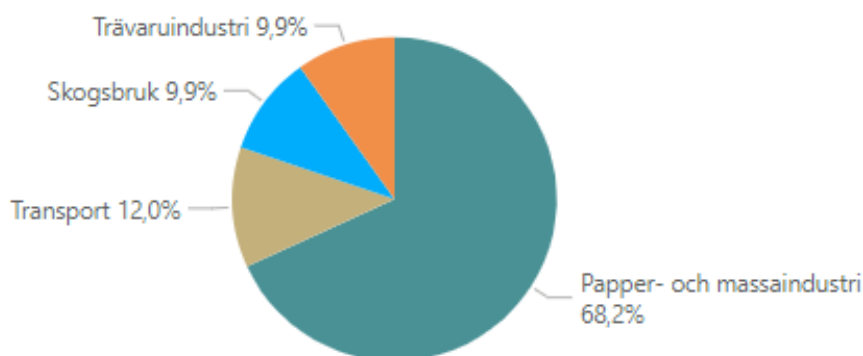
Figur 8: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Västernorrlands län, scenario 3 Ökad produktion. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



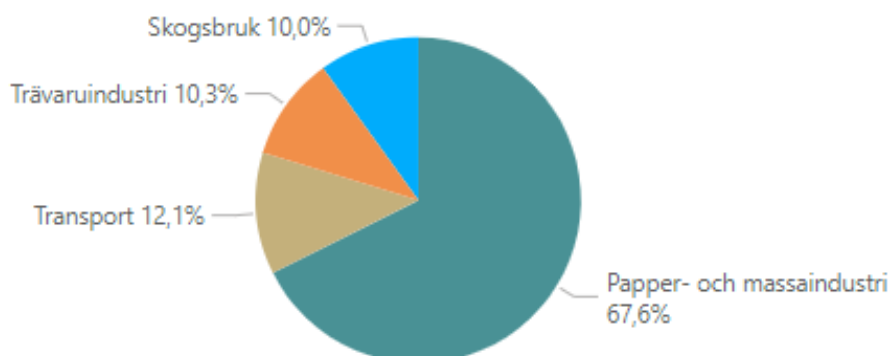
Figur 9: Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Västernorrlands län, scenario 5 Dubbla naturvårdsarealer. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.

Den procentuella fördelningen av fossila utsläpp mellan sektorerna Skogsbruk, Trävaruindustri, Papper- och massaindustri samt Transport, sett per period, varierar endast marginellt över tiden och mellan scenarier i de resultat som visats ovan. Det beror på att BioMapp ännu inte inkluderar någon form av tidsvariation i fördelningen mellan olika sektorer, t.ex. att produktionen inom en viss sektor skulle gå upp till följd av framtida högre efterfrågan. Den lilla variation som kan ses i nuvarande resultat härrör från variationen i Heureka-resultatets fördelning mellan sågverkstimmer och massaved. Eftersom variationen är så liten redovisas här endast ett diagram vardera per län och för ett scenario (Figur 10 och Figur 11). Figuren visar den sektoriella fördelningen av fossila utsläpp för scenario 2 Dagens skogsbruk, period 1, för Kronoberg respektive Västernorrlands län.

För både Kronobergs län och Västernorrlands län, och för samtliga scenarier, härrör ca två tredjedelar av de fossila utsläppen från papper- och massaindustrin. Den resterande tredjedelen fördelas ganska jämnt mellan skogsbruket, trävaruindustrin och transporter.



Figur 10: Procentuell fördelning fossila utsläpp mellan sektorerna Skogsbruk, Trävaruindustri, Papper- och massaindustri samt Transport. Diagrammet visar resultat för Kronobergs län, period 1 och scenariot Dagens skogsbruk.



Figur 11: Procentuell fördelning fossila utsläpp mellan sektorerna Skogsbruk, Trävaruindustri, Papper- och massaindustri samt Transport. Diagrammet visar resultat för Västernorrlands län, period 1 och scenariot Dagens skogsbruk.

5.3 Beräkningar av hållbarhetsindikatorer

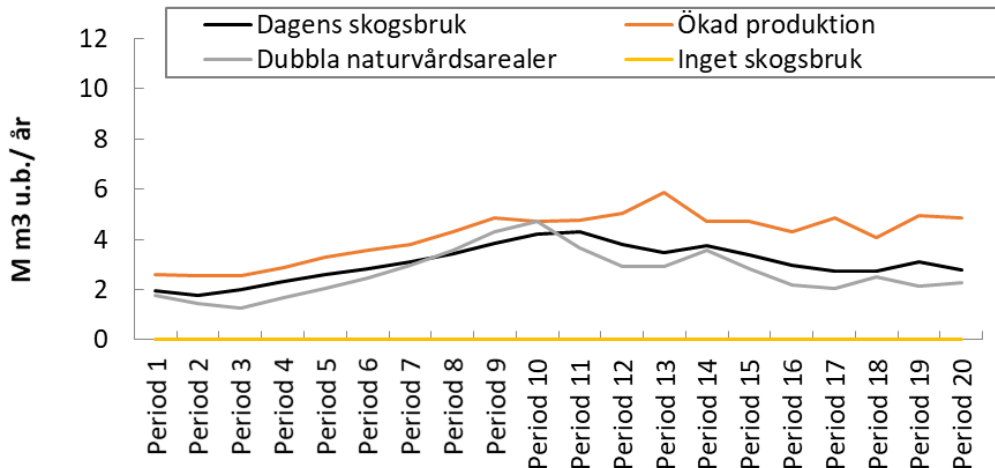
5.3.1 Produktion av skogsråvara

Hållbarhetsbedömningar för de olika scenarierna behöver ställas i relation till hur mycket skogsråvara som produceras i respektive län. Produktionen av skogsråvara redovisas summerat länsvis och summerat för alla trädslag och sortiment, utifrån summan av resultatvariablerna från Heureka, "ValueData

Pulpwood Volume All Species” och ”ValueData Timber Volume All Species” och uttryckts i enheten m³fub år⁻¹. Det utgör således det årliga summerade uttaget av timmer och massaved från länet. Resultaten för de olika länen och scenarierna visas i Figur 12. Produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd är inte inkluderat.

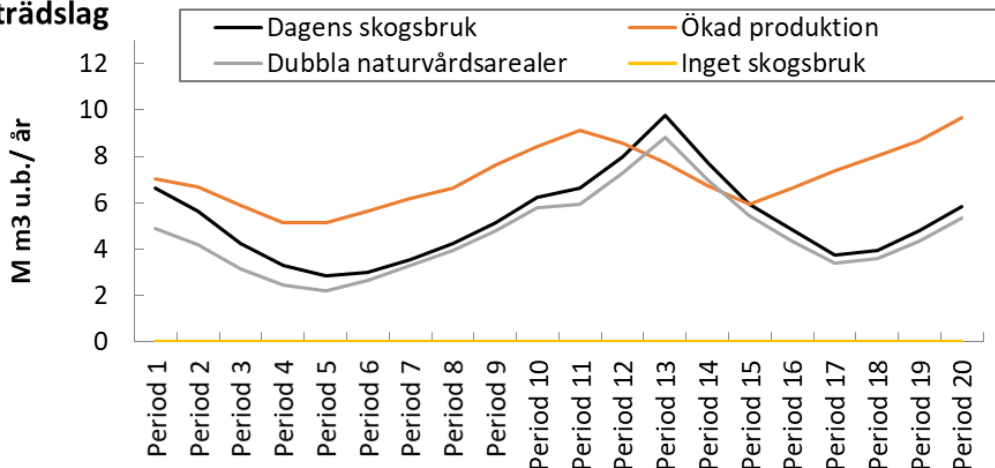
A)

Kronoberg, årlig produktion av skogsråvara, alla trädslag



B)

Västernorrland, årlig produktion av skogsråvara, alla trädslag



Figur 12: Årlig produktion av skogsråvara för 20 på varandra följande 5-årsperioder under totalt 100 år för fyra olika scenarier. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Produktionen av vedråvara redovisas summerat för alla trädslag, uttryckt i enheten m³ fub. Beräkningarna inkluderar summerad produktion av timmer och massaved men inte produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd.

Den summerade produktionen av skogsråvara över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, redovisas i Tabell 8.

Tabell 8: Den summerade produktionen av skogsråvara över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario, summerat för hela länet. Enhet M m³fub (100 år)⁻¹. Beräkningarna inkluderar summerad produktion av timmer och massaved från alla trädslag, men inte produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	307	417	267	0
Västernorrland	529	714	464	0

Den summerade produktionen av skogsråvara för alla trädslag och för hela länet över 100 år var i scenariot "Dagens skogsbruk" cirka 70% högre i Västernorrlands län, jämfört med Kronobergs län. Den länsvisa, totala arealen produktiv skogsmark som användes för beräkningarna i denna studie var ca 2,7 gånger högre i Västernorrland, jämfört med Kronoberg. Således var produktionen per areal avsevärt högre i Kronobergs län.

Produktionen var cirka 35% högre i scenariot "Ökad produktion", jämfört med dagens skogsbruk, både för Kronoberg och för Västernorrland. I scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" var produktionen cirka 12 % lägre, jämfört med dagens skogsbruk, både för Kronoberg och för Västernorrland. I scenariot "Inget skogsbruk" var det givetvis ingen produktion av skogsråvara.

5.3.2 Indikatorn för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald

I det följande redovisas resultaten från beräkningar av de olika indikatorerna för skogsbrukets påverkan på olika aspekter av hållbarhet. Beräkningarna av indikatorn för biologisk mångfald redovisas utförligt för att läsaren skall kunna följa de olika beräkningsstegen. Resultaten för övriga indikatorer redovisas mer summariskt för att göra rapporten mer översiktlig.

I tidigare föreslagna metodik för att beräkna indikatorer för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald (Karlsson m. fl., 2021), föreslås två olika typer av indikatorer. Den första indikatorn föreslås att utnyttja det regelverk som redan finns på plats för certifieringsorganen FSC och PEFC. Vi antar dock i denna pilotstudie att all produktiv skogsmark i respektive län är certifierad enligt FSC. För att uppfylla kraven på certifiering enligt FSC måste varje skogsägare avsätta 10 % av arealen för andra ändamål än virkesproduktion. Som en följd av detta antas 10 % av arealen produktiv skogsmark för varje behandlingsenhet inom varje län uppfylla kraven på att vara gynnsamma för biologisk mångfald.

Indikatorn för biologisk mångfald beräknas i denna studie som summerade arealer av produktiv skogsmark som uppfyller, förutom FSC certifiering, vissa krav vad gäller gammal och grov skog, död ved, lövträdsinblandning samt areal som drivs som hyggesfritt skogsbruk, i relation till skogsägarens totala innehav av produktiv skogsmark (Karlsson m. fl., 2021). Vissa behandlingsenheter uppfyller flera av de uppställda kraven och räknas därför dubbelt vid summeringen av areal. Detta medför att de summerade arealerna som uppfyller kraven kan överstiga den totala arealen produktiv skogsmark. Detta gäller framför allt scenariot "Inget skogsbruk". I den tidigare föreslagna metodiken föreslås att arealerna som uppfyller kraven kan viktas beroende på områdenas skötsel. Denna funktion har inte använts i denna studie.

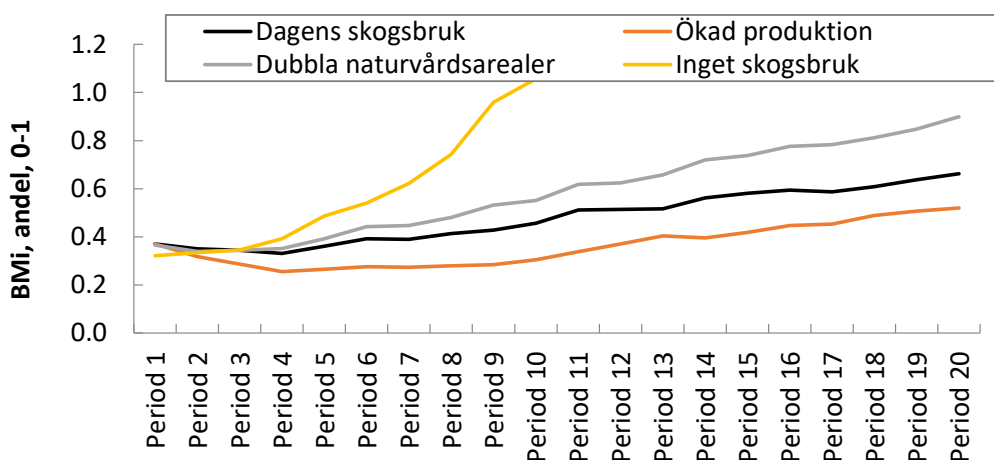
I Figur 13 visas resultaten för länsvis beräkningar av absolutvärden för indikatorn för biologisk mångfald, BM_i, för de fyra olika scenarierna. I Tabell 9 visas medelvärden för BM_i, över de tjugo femårsperioderna, 100 år.

För scenariot "Dagens skogsbruk" ligger värdet för BMI runt 0,5, med cirka 10 % högre medelvärde över de tjugo tidsperioderna för Västernorrlands län (Tabell 9).

Som väntat ligger värdet för BMI för scenariot "Ökad produktion" cirka 25% lägre och för scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" drygt 20 % högre, jämfört med dagens skogsbruk. Detta gäller för både Kronoberg och Västernorrland (Tabell 9). För scenariot "Inget skogsbruk" ökar BMI snabbt över tid och inom 40 år ligger värdet över 0,9, vilket är det antagna preferensvärdet i denna studie, både för Kronoberg och Västernorrland.

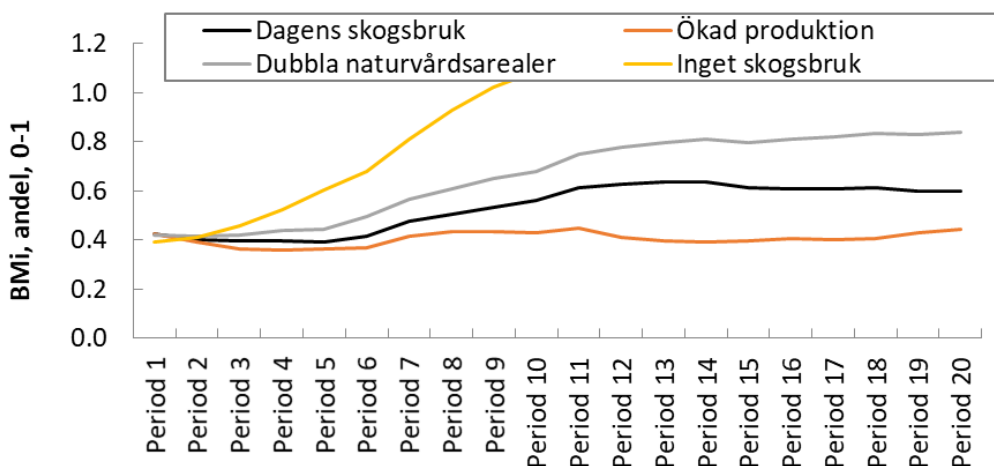
A)

Kronoberg, indikator för biologisk mångfald



B)

Västernorrland, indikator för biologisk mångfald

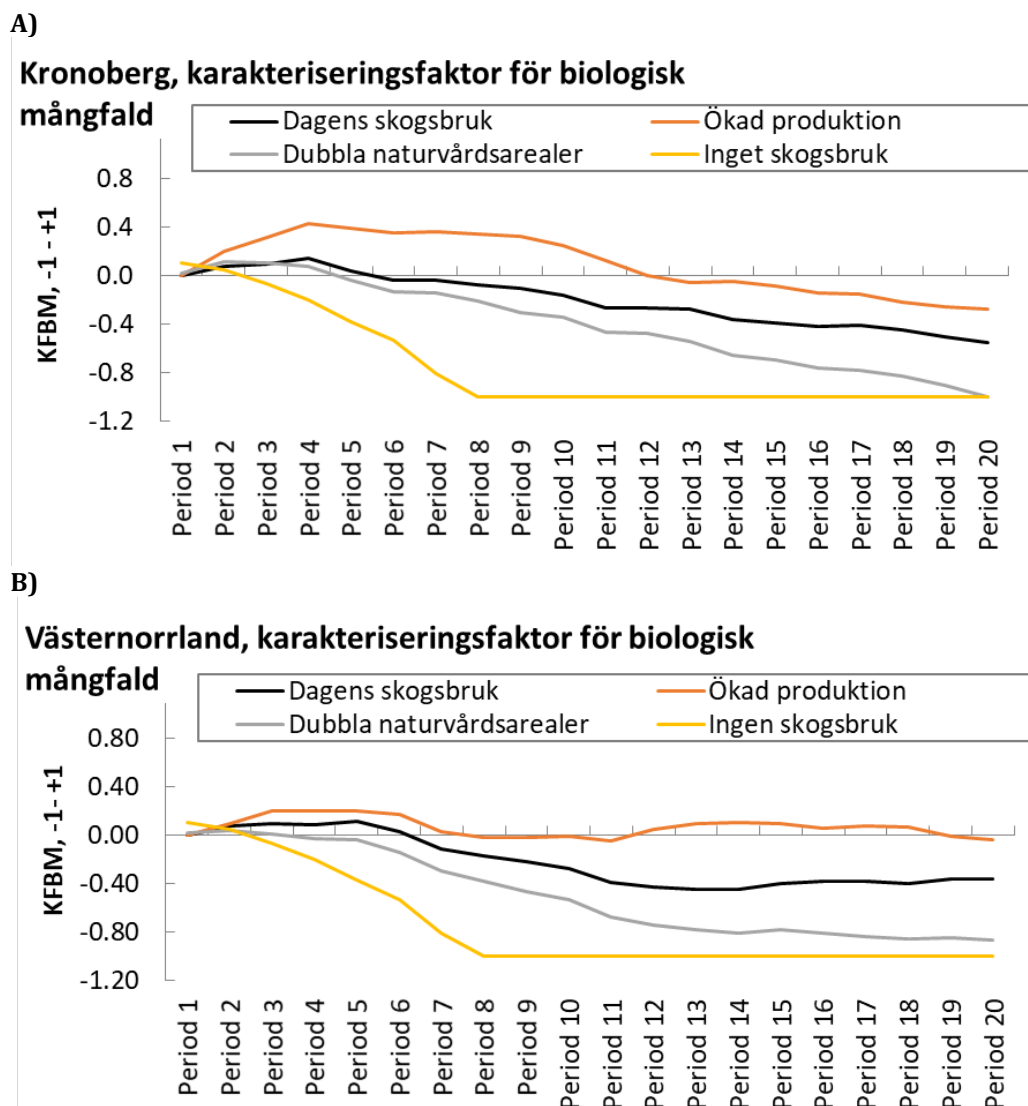


Figur 13: Värderna på indikatorn för biologisk mångfald, BMI, för tjugo femårsperioder över 100 år för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Indikatorn uttrycks som en andel av totala arealen produktiv skogsmark som uppfyller vissa krav som kan anses vara gynnsamma för biologisk mångfald, i den relativa enheten 0-1. På grund av att en vissa arealer kan uppfylla flera av de olika kraven kan dubbelräkning av areal förekomma och därmed kan beräknat värde för BMI överstiga 1,0. Ett mer positivt värde på BMI innebär att skogen blir mer gynnsam för biologisk mångfald.

Tabell 9: Beräknade värden för indikatorn för biologisk mångfald, som medelvärde över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet andel 0–1. På grund av dubbelräkning kan beräknat värde överstiga 1,0. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	0.48	0.36	0.59	1.13
Västernorrland	0.53	0.41	0.66	1.12

Karakteriseringsfaktorn för biologisk mångfald uttrycks som ett relativt värde mellan -1 och +1, och beräknas utifrån referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivits i kapitel 4.3.2. I Figur 14 visas resultaten för länsvis beräkningar av karakteriseringsfaktorn för biologisk mångfald, K_{FBM} , för de fyra olika scenarierna.



Figur 14: Värden på karakteriseringsfaktorn för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald, K_{FBM} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Karakteriseringsfaktorn uttrycks i den relativa enheten -1- +1 och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivits i kapitel 4.3.2. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice

versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan på biologisk mångfald, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde används att 90 % av arealen uppfyller kraven för en gynnsam inverkan på biologisk mångfald, medan in indifferentvärde används att endast 10% av arealer uppfyller kraven.

Det framgår i Figur 14 att karakteriseringsfaktorn för påverkan på biologisk mångfald, det vill säga det relativa värdet jämfört med "Dagens skogsbruk", period 1, för scenariot "Ökad produktion" som väntat genomgående antar ett mer positivt värde, jämfört med dagens skogsbruk, både för Kronoberg och Västernorrland. Ett mer positivt värde indikerar en negativ inverkan på biologisk mångfald. Omvänt antar värdena för scenarierna "Dubbla naturvårdsarealer" och "Inget skogsbruk" mer negativa värden jämfört med dagens skogsbruk, vilket visar positiva effekter på biologisk mångfald.

5.3.3 Indikator för skogsbrukets påverkan på klimatet

Skogsbruket påverkar klimatet på olika sätt (Karlsson m. fl., 2021), både genom fossila utsläpp, KL_{fos} , och genom biogena förändringar av de samlade kolförråden i skogsekosystemen, KL_{bio} , inklusive upptag och avgång även av andra växthusgaser.

5.3.3.1 Biogen påverkan på klimatet

Årliga förändringar av kolförråden beräknas för den levande och döda biomassan samt kolförråden i marken uppdelat i mineral- och organogena (torv) jordar. Eventuell klimatnytta med temporär kolupplagring i skogsprodukter ("Harvested Wood Products") inkluderas inte i beräkningarna, utan uppstår först nedströms värdekedjan. Inte heller inkluderas eventuella substitutionseffekter.

I Tabell 10 visas de ackumulerade värdena för absolutvärden för indikatorn för biogen klimatpåverkan, KL_{bio} , för de fyra olika scenarierna över 100 år.

Skogsbrukets biogena påverkan på klimatet har i alla scenarier ett negativt numeriskt värde, som visar en fortgående ökning av kolförråden i skogsekosystemen. Sett över hela hundraårsperioden (Tabell 10) var den summerade, arealbaserade ökningen av kolförråden i skogsekosystemen i scenariot "Dagens skogsbruk" ungefär dubbelt så hög i Kronobergs län, jämfört med Västernorrlands län. Jämfört med dagens skogsbruk, var den summerade ökningen av kolförråden cirka 15 % högre i scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" och 25 - 40 % högre i scenariot "Ökad produktion". Detta gällde för båda länen. I scenariot "Inget skogsbruk" beräknades en ökning av kolförråden över 100 år som jämfört med dagens skogsbruk var 2,2 gånger högre i Kronoberg och 2,8 gånger högre i Västernorrland (Tabell 10).

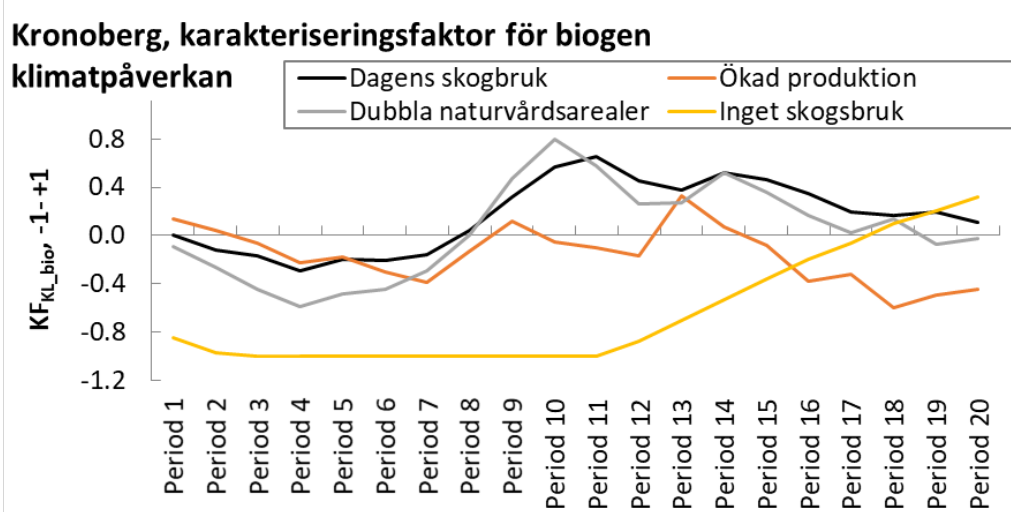
Tabell 10: Beräknade absoluta värden för indikatorn för biogen klimatpåverkan, som summerade värden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet ton CO_{2e} ha⁻¹ (100 år)⁻¹. Ett negativt värde visar ett upptag av CO_2 från atmosfären. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	-366	-509	-419	-815
Västernorrland	-187	-232	-219	-530

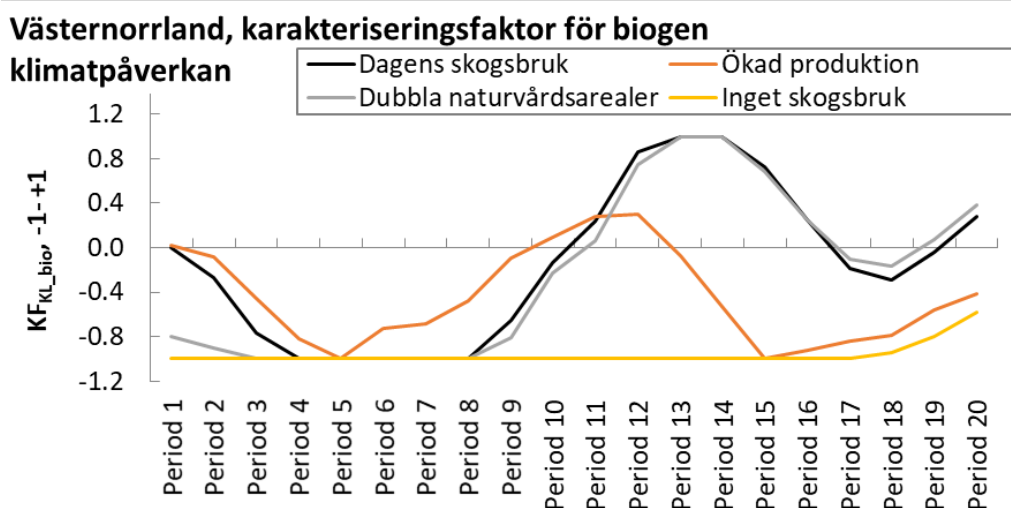
Karakteriseringsfaktorerna för biogen klimatpåverkan från skogsbruk, $KF_{KL_{bio}}$, visas i Figur 15 för de olika scenarierna och tidsperioderna. I jämförelse med referensvärdet, ökningen av kolförråden i scenariot "Dagens skogsbruk", period 1, ökar kolförråden i scenarierna "Dagens skogsbruk", "Ökad produktion" och "Dubbla naturvårdsarealer" till en början snabbt (mer negativa numeriska värden), i synnerhet i

Västernorrland. Därefter kommer en period då ökningen av kolförråden reduceras jämfört med referensvärdet. I slutet av hundraårsperioden ligger den biogena klimatpåverkan, jämfört med referensvärdet, bättre till för scenariot "Ökad produktion" i båda länen. Svängningar över tid beror i huvudsak på skogarnas initiala åldersklassfördelning. Koluptionen till skogsekosystemen i Scenariot "Inget skogsbruk" ökar snabbt och når tidigt preferensvärdet. I slutet av hundraårsperioden är dock ökningen av kolförråden i scenariot "Inget skogsbruk" i Kronobergs län lägre än referensvärdet (positivt numeriskt värde på $KF_{KL, bio}$), medan det i Västernorrland fortfarande är högre.

A)



B)



Figur 15: Värden på karakteriseringsfaktorn för skogsbrukets biogena påverkan på klimatet, KF_{bio} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Indikatorn uttrycks i den relativa enheten $-1- +1$ och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivs i kapitel 3.2 ovan. Av konvention innebär ett positivt värde en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde används en ökning av kolförråden motsvarande dubbla referensvärdet medan för indifferens ett värde 10 % av referensvärdet.

5.3.3.2 Påverkan på klimatet från fossila utsläpp

Skogsbrukets påverkan på klimatet från utsläpp av fossila växthusgaser beräknas utifrån omfattningen av olika skogsbruksåtgärder (t ex avverkning, markberedning etc.), baserat på de emissionsfaktorer som tagits fram av Skogforsk (Ågren m. fl., 2021). Dessa emissionsfaktorer är gemensamma för hela landet.

Resultaten vad gäller utsläpp av fossila växthusgaser har i viss mån presenterats under kapitel 5.2.3 ovan. Här presenteras dock tidsutvecklingen vad gäller utsläpp specifikt från skogsbruk. I Tabell 11 visas de ackumulerade värdena för absolutvärden för indikatorn för fossil klimatpåverkan, KL_{fos} från skogsbruk, för de fyra olika scenarierna över 100 år.

Genomgående ligger klimatpåverkan från de fossila utsläppen av växthusgaser i storleksordningen en faktor 100 lägre, jämfört med klimatpåverkan från den biogena förändringar av kolförråden i skogsekosystemen. Detta framgår vid en jämförelse mellan tabellerna 10 och 11, där både upptag och avgång av CO_2 uttrycks i enheten $ton\ CO_{2e}\ ha^{-1}\ år^{-1}$. Arealen som används är i båda fallen den totala arealen produktiv skogsmark i länet.

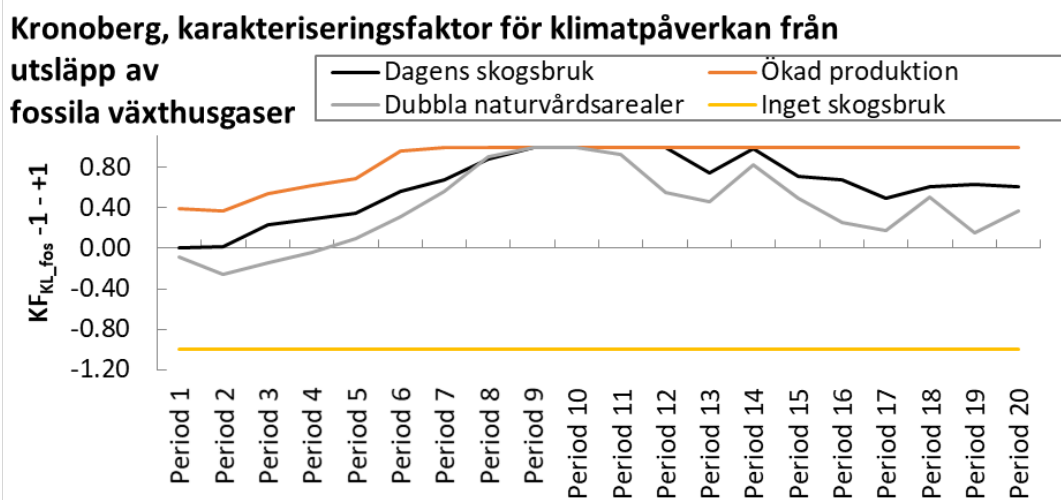
De arealbaserade utsläppen av fossila växthusgaser var i storleksordningen 50 % högre i Kronoberg, jämfört med Västernorrlands län (Tabell 11). I scenariot "Inget skogsbruk" finns naturligtvis inga fossila utsläpp. Summerat över en hundraårsperiod var de fossila utsläppen jämfört med dagens skogsbruk cirka 35 - 40 % högre i scenariot "Ökad produktion" och cirka 12 % lägre i scenariot "Dubbla naturvårdsarealer".

Tabell 11: Beräknade värden för indikatorn för klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk, som summerade värden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet $ton\ CO_{2e}\ ha^{-1}\ (100\ år)^{-1}$. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark. Ett positivt värde visar en avgång av CO_2 till atmosfären.

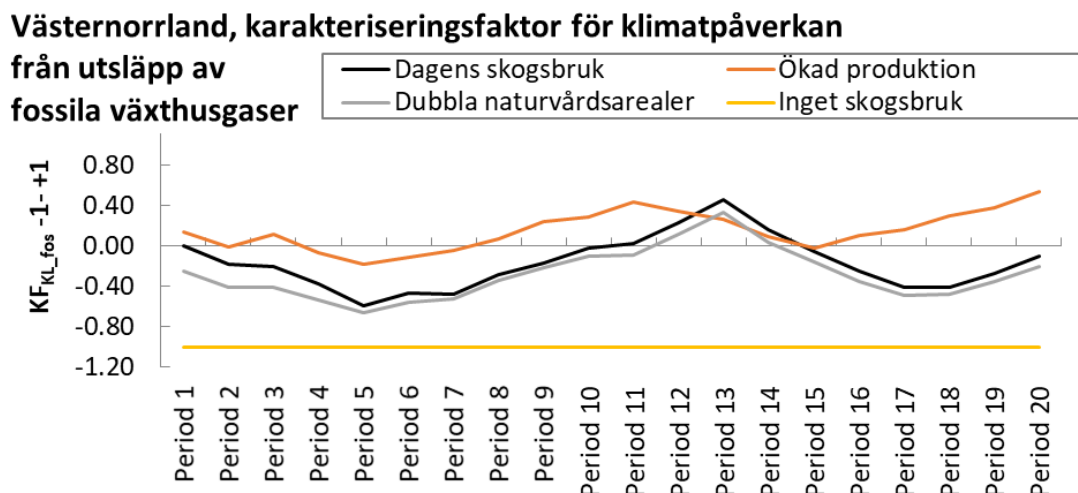
	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	2.56	3.58	2.22	0.00
Västernorrland	1.67	2.26	1.47	0.00

Karakteriseringsfaktorerna för klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser från skogsbruk, $KF_{KL_{fos}}$, visas i Figur 16 för de olika scenarierna och tidsperioderna. I jämförelse med referensvärdet ökar utsläppen av fossila växthusgaser i Kronoberg över tid (positiva värden på $KF_{KL_{fos}}$) för alla scenarier, med undantag av scenariot "Inget skogsbruk". I scenariot "Ökad produktion" nås indifferensvärdet tidigt. I Västernorrland minskar utsläppen (negativa värden på $KF_{KL_{fos}}$) för alla scenarier, förutom "Inget skogsbruk", under de första perioderna för att därefter öka och sedan minska igen. Dessa fluktuationer hänger samman med den årliga produktionen av skogsråvara (Figur 12).

A)



B)



Figur 16: Värdet för karakteriseringsfaktorn för påverkan på klimatet från utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk, KF_{KL_fos} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Indikatorn uttrycks i den relativa enheten -1- +1 och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivs i kapitel 4.3.2. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således ökade utsläpp, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde används att utsläppen reduceras till 10 % av referensvärdet medan som indifferensvärde används att utsläppen ökar till dubbla referensvärdet.

5.3.4 Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens rekreativvärde

Skogens sociala värden innefattar bland annat skogens betydelse för hälsa, välbefinnande och en god livsmiljö, fritidsupplevelser, friluftsliv och turism, mm.

Som en indikator för skogsbrukets påverkan på sociala värden används i denna pilotstudie påverkan på skogens rekreativvärde. Detta beräknas som den summerade arealen skogsmark som uppfyller kraven vad gäller lättframkomlig skog med god sikt, det vill säga gles, uppvuxen produktiv skog samt skog där andelen lövträd överstiger 80%. Gles uppvuxen skog beräknas som areal med maximalt 1000 trädstammar per hektar och en beståndsålder som överstiger 50 år. Andelen lövskog beräknas för

bestånd med en ålder >20 år. Summan av andelen arealer som uppfyller dessa krav sätt i relation till den totala arealen produktiv skogsmark, som en fraktion 0–1.

I Tabell 12 visas medelvärden för indikatorn för rekreationsvärdet, för de fyra olika scenarierna över 100 år.

Som medelvärde över hundraårsperioden var rekreationsvärdet i scenariot "Dagens skogsbruk" högre i Kronoberg jämfört med Västernorrland (Tabell 12). I relation till "Dagens skogsbruk", blir medelvärdet för rekreation 23 % lägre i scenariot "Ökad produktion" i Kronoberg och 10 % lägre i Västernorrland. Värdena för scenarierna "Dubbla naturvårdsarealer" ligger ganska lika med värdet för "Dagens skogsbruk" för båda länen. Förscenariot "Inget skogsbruk ökar värdet ca 15% i Kronoberg men är oförändrat i Västernorrland.

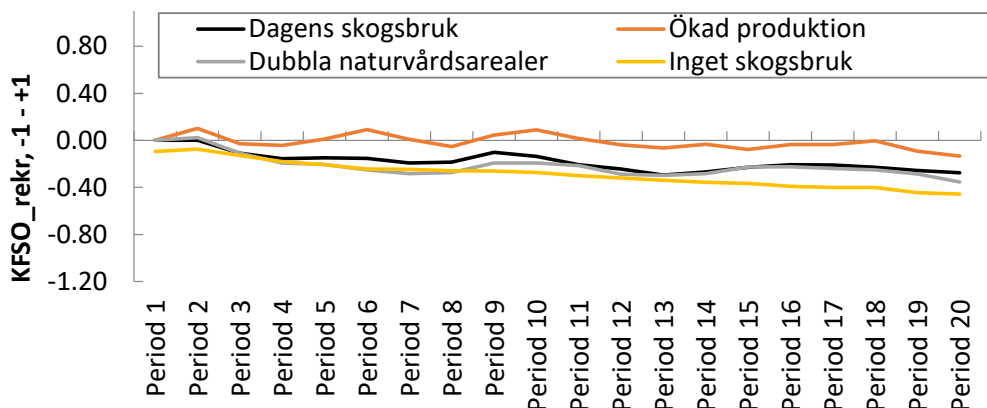
Tabell 12. Beräknade värden för indikatorn för påverkan på skogens rekreationsvärde i samband med skogsbruk, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet fraktion 0–1. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	0.40	0.31	0.42	0.47
Västernorrland	0.31	0.28	0.32	0.30

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för påverkan på rekreationsvärden $KFSO_{rekr}$, visas i Figur 17. Rekreationsvärdet förbättras något över tid i alla scenarier, förutom för "Ökad produktion" i Kronobergs län.

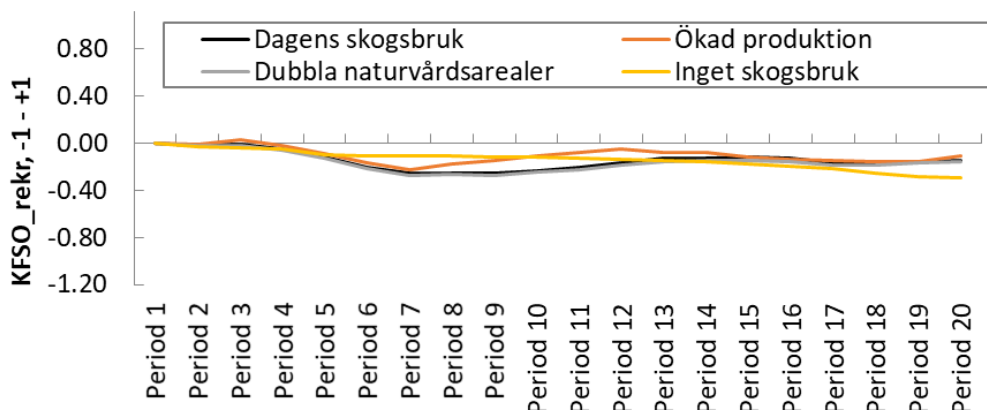
A)

Kronoberg, karakteriseringsfaktor för skogens rekreativvärden



B)

Västernorrland, karakteriseringsfaktor för skogens rekreativvärden



Figur 17. Värden för karakteriseringsfaktorn för påverkan på skogens rekreativvärden, $KFSO_{rekr}$, för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Karakteriseringsfaktorn uttrycks i den relativa enheten -1- +1 och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferentvärden, vilket beskrivs i kapitel 4.3.2 ovan. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan på rekreativvärdet, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde ($KFSO_{rekr} = -1$) har antagits att 90 % av den totala arealen produktionsmark uppfyller satta krav för rekreativvärde. Som indifferentvärde ($KFSO_{rekr} = +1$) har antagits att endast 10 % av den totala arealen produktionsmark uppfyller satta krav.

5.3.5 Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens ekonomiska värden

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv spelar skogsnäringsen, dvs hela värdekedjan från skogsbruket till industridelen med massaindustri, pappersindustri och sågverk, en viktig roll i Sverige. Det ekonomiska utfallet från skogsbruket spelar givetvis en stor roll för den enskilde skogsägaren. Regionalt har skogsbruket en viktig roll bland annat vad gäller lokala och regionala arbetstillfällen.

För skogsbrukets påverkan på ekonomiska värden används i denna pilotstudie två olika indikatorer; 1, arbetstillfällen som kan kopplas till skogsbruket lokalt i länet; 2, skogsägarens nettointäkt.

Beräkningar av skogens ekonomiska värden skulle även kunna inkludera skogsmarkens värden. Skogsmarkens värde kan beräknas på två sätt;

- Nuvärde ("slaktvärde"), värdet om all skog avverkas momentant. Beräknas i Heureka PlanVis endast initialt i tidsserien.
- Framtida förväntat värde, baserat på förväntade intäkter av framtida avverkningar, beror på värdeutvecklingen samt på ränteutvecklingen. Beräknas ej av Heureka PlanVis.

På grund av dessa begränsningar och osäkerheter inkluderas inte skogsmarkens värde vidare i denna pilotstudie.

5.3.5.1 Skogens ekonomiska värden, arbetstillfällen

Skogsbrukets betydelse för lokala arbetstillfällen i länet har skattats utifrån länsvis statistik publicerad av Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen, 2017). Statistiken omfattar antal årsverken (AWU, ("Annual Work Units")) i skogsbruket som ett 3-års medelvärde 2015–2017, med fördelning på tre olika kategorier av utövare, småskaligt jordbruk, storskaligt skogsbruk samt entreprenörer. För beräkningarna i denna studie har dessa summerats. Antalet årsverken har länsvis dividerats med den årsvisa, totala bruttoavverkningen i länet för samma tidsperiod. Resultaten blir länsvisa värden för antalet årsverken per årligen bruttoavverkad skog, AWU (m³ sk)⁻¹. Antalet årsverken har beräknats för respektive period och scenario genom att multiplicera med respektive total årlig avverkning och sedan dividera med länets totala areal av produktiv skogsmark, vilket ger ett periodvis värde AWU ha⁻¹. Avverkningen inkluderar både gallring och slutavverkning.

I Tabell 13 visas medelvärdena för indikatorn för arbetstillfällen, för de fyra olika scenarierna över 100 år. Som medelvärde över hundraårsperioden i scenariot "Dagens skogsbruk" skapas ungefär tre gånger så många arbetstillfällen, räknat per areal produktiv skogsmark, i Kronoberg jämfört med Västernorrland.

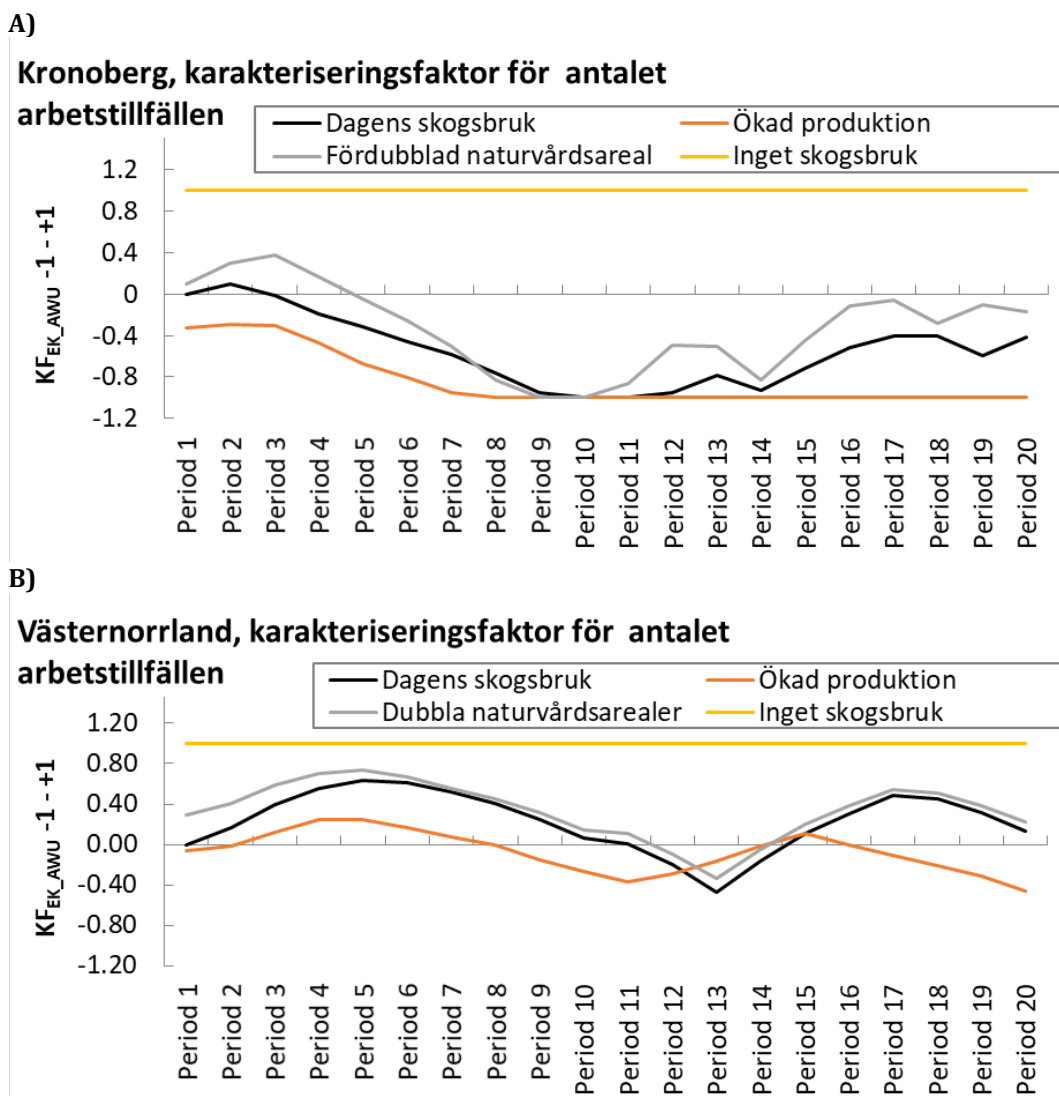
Arbetstillfällen per areal produktiv skogsmark blir cirka 35 % högre i scenariot "Ökad produktion" i båda länen, jämfört med "Dagens skogsbruk". För scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" minskar antalet arbetstillfällen med cirka 12 %. Detta hänger givetvis samman med den minskade årliga produktionen av skogsråvara.

Tabell 13. Beräknade värden för indikatorn för antalet lokala arbetstillfällen per areal produktiv skogsmark som kan kopplas till skogsbruk, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet årsverken (AWU) ha⁻¹. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	0.0015	0.0021	0.0013	0.0000
Västernorrland	0.00045	0.00061	0.00040	0.00000

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för påverkan på antalet arbetstillfällen, $KF_{EK,AWU}$, visas i Figur 18 för de olika scenarierna och tidsperioderna. I jämförelse med referensvärdet ökar antalet arbetstillfällen i Kronoberg över tid för alla scenarier, förutom för scenariot "Inget skogsbruk". I Västernorrland minskar antalet arbetstillfällen i början av 100 års perioden för alla scenarier förutom "Inget skogsbruk". Detta reflekterar den minskande produktionen av skogsråvara under dessa perioder. Övergripande är antalet arbetstillfällen för Västernorrland högst i scenariot "Ökad produktion" över i stort

sett hela hundraårsperioden, medan för scenarierna "Dagens skogsbruk" och "Dubbla naturvårdsarealer" blir värdet för karakteriseringsfaktorn ungefär det samma i slutet som i början av hundraårsperioden.



Figur 18. Värderna för karakteriseringsfaktorn för påverkan på lokala arbetstillfällen, KF_{EK_AWU} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Karakteriseringsfaktorn uttrycks i den relativa enheten $-1-+1$ och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivs i kapitel 4.3.2 ovan. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett negativt värde indikerar således en positiv inverkan på antalet arbetstillfällen, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde ($KF_{EK_AWU} = -1$) har antagits en fördubbling av antalet arbetstillfällen. Som indifferensvärde ($KF_{EK_AWU} = +1$) har antagits en minskning till 10 % av referensvärdet.

5.3.5.2 Skogens ekonomiska värden, skogsägarens nettointäkt

Skogsägarens nettointäkt beräknas som en resultatvariabel i Heureka PlanVis ("ValueData Net Revenue") för varje behandlingsenhet för varje tidsperiod och scenario, baserat på bruttointäkter och avverkningskostnader samt kostnader för övriga skogsbruksåtgärder. Dessa resultat summeras länsvis och uttrycks per år och per total produktiv skogsmark i länet, SEK ha⁻¹ år⁻¹. För en enskild skogsägare varierar givetvis nettointäkterna kraftigt mellan åren, men som medelvärden för alla skogsägare i länet blir beräkningarna relevanta.

I Tabell 14 visas medelvärdena för indikatorn för nettointäkter för de fyra olika scenarierna över 100 år. Som medelvärde över hundraårsperioden var nettointäkterna räknat per areal produktiv skogsmark i scenariot "Dagens skogsbruk" cirka 75% högre, i Kronoberg jämfört med Västernorrland. Detta reflekterar den högre produktionen av skogsråvara.

Vid en jämförelse av de olika scenarierna, i relation till referensvärdet, blir nettointäkterna per areal produktiv skogsmark cirka 30 % högre i scenariot "Ökad produktion" i båda länen. För scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" minskar nettointäkterna med cirka 13 % för båda länen.

Tabell 14. Beräknade värden för indikatorn för skogsägarens årliga nettointäkter per areal produktiv skogsmark, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet SEK ha⁻¹ år⁻¹. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

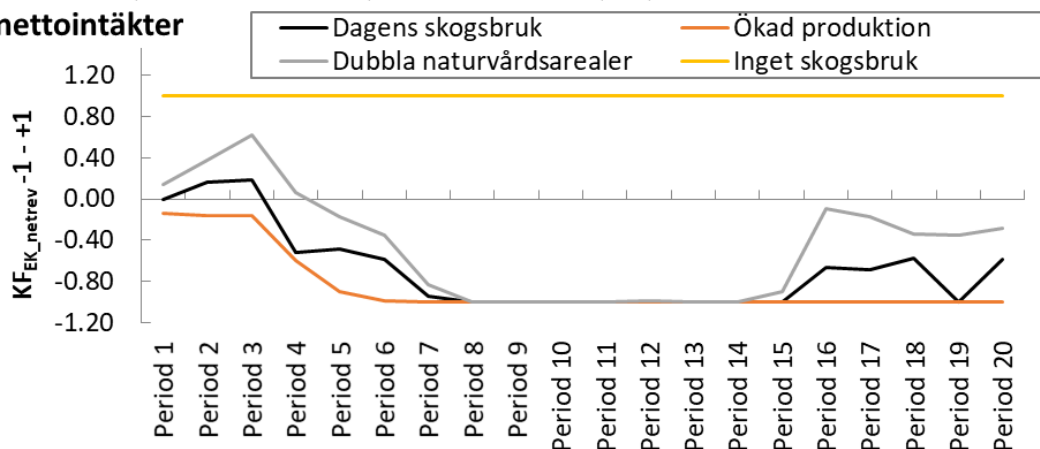
	Dagens skogsbruk	Ökad produktion	Dubbla naturvårdsarealer	Inget skogsbruk
Kronoberg	1276	1681	1102	0
Västernorrland	729	948	645	0

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för skogsägarens nettointäkter, $KF_{EK_netrev}^{-1} - +1$, visas i Figur 19. I jämförelse med referensvärdet från scenariot "Dagens skogsbruk", period 1, ökar skogsägarnas nettointäkter snabbt i Kronoberg (negativa värden på KF_{EK_netrev}) för alla scenarier, men givetvis inte i scenariot "Inget skogsbruk".

I Västernorrland minskar nettointäkterna initialt för alla scenarier. Detta reflekterar som tidigare nämnts den minskande produktionen av skogsråvara under dessa perioder. I slutet av hundraårsperioden är nettointäkterna för skogsägarna i Västernorrland högst i scenariot "Ökad produktion". För scenarierna "Dagens skogsbruk" och "Dubbla naturvårdsarealer" blir nivån på nettointäkter ungefär den samma i slutet som i början av hundraårsperioden.

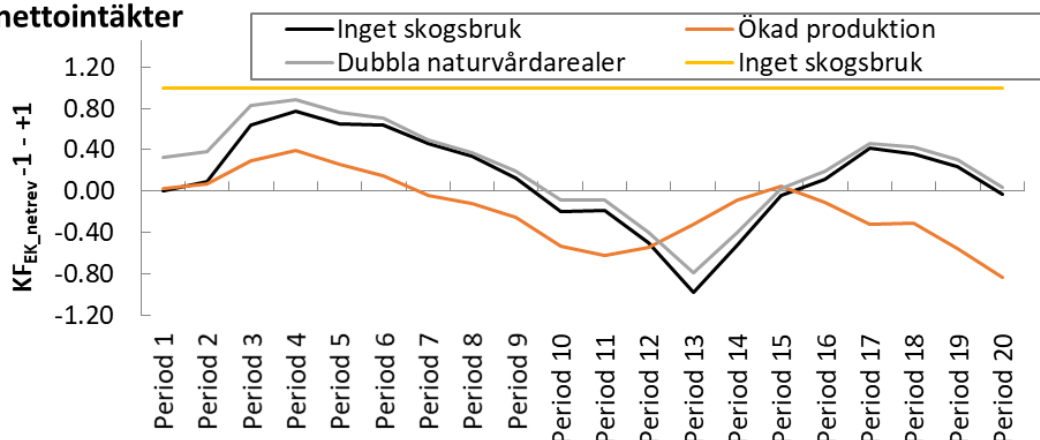
A)

Kronoberg, karakteriseringsfaktor för skogsägarnas nettointäkter



B)

Västernorrland, karakteriseringsfaktor för skogsägarnas nettointäkter



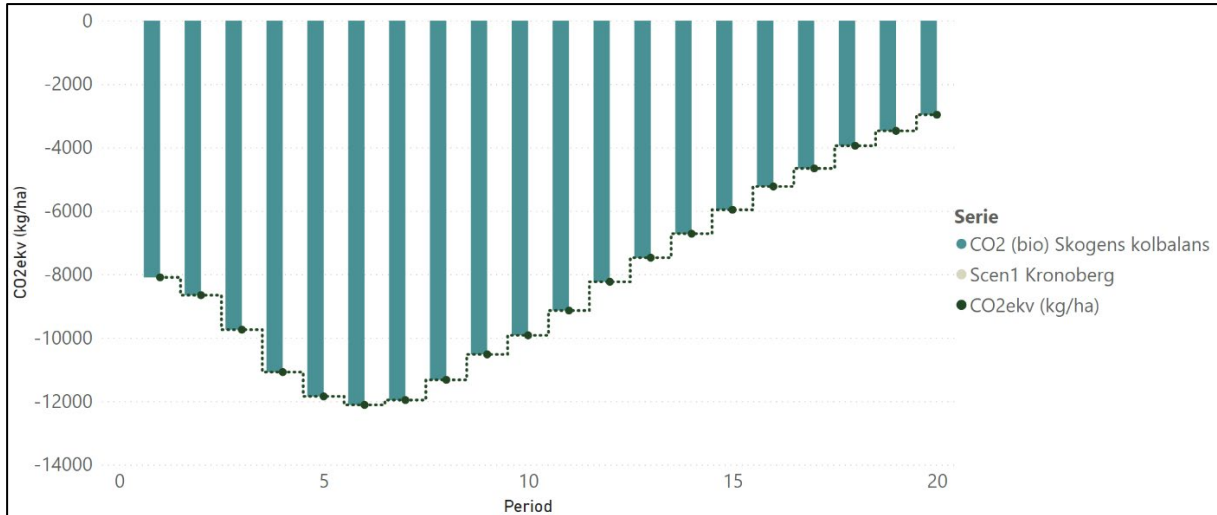
Figur 19. Värden för karakteriseringsfaktorn för skogsägarens ekonomiska nettointäkter per areal produktiv skogsmark, KF_{EK_netrev} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Karakteriseringsfaktorn uttrycks i den relativa enheten $-1 - +1$ och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivs i kapitel 4.3.2 ovan. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan på skogsägarens nettointäkter, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde ($KFEK = -1$) har antagits en fördubblad nettointäkt. Som indifferensvärde ($KFEK = +1$) har antagits att nettointäkten sjunker till 10 % av referensvärdet.

5.4 Klimatpåverkan från hela den skogsindustriella värdekedjan

I Figur 20 till Figur 27 presenteras balanser av växthusgaser över hela den skogsindustriella värdekedjan. Här inkluderas skogens biogena kolbalans samt hela värdekedjans fossila utsläpp. Värdena är simulerade som årsvisa resultat inom angivna femårsperioder. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Negativa värden innebär ett upptag av koldioxid från atmosfären, positiva värden en avgång. Observera att det finns en principiell skillnad mellan biogent och fossilt kol.

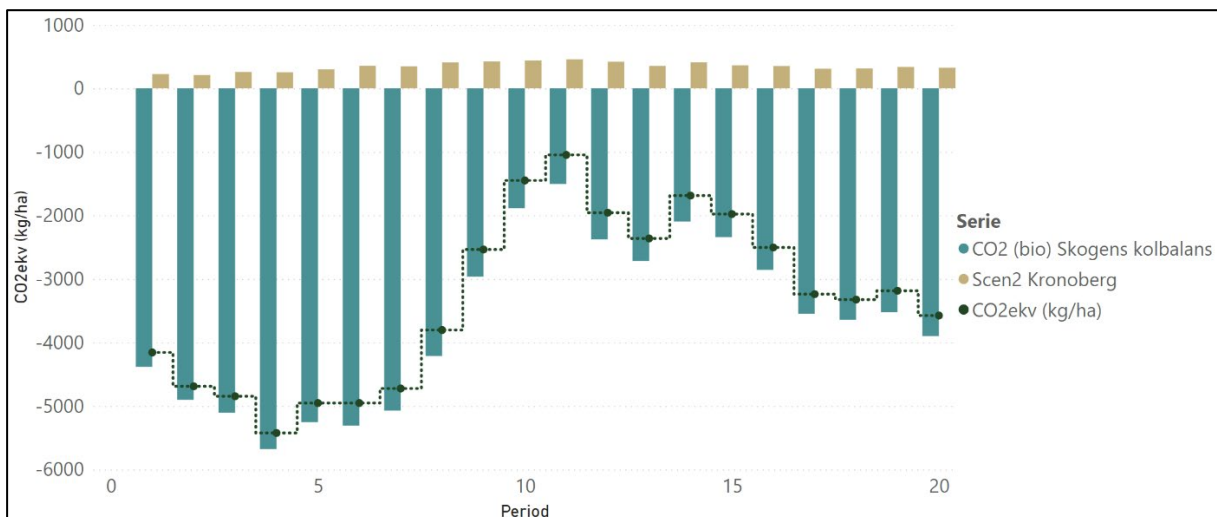
Generellt visar resultaten för alla scenarier och för båda länen att den summerade klimatpåverkan över 100 år starkt domineras av biogen kolinbindning till skogsekosystemen. Det finns en långsiktig variation över tid vad gäller årliga förändringar av skogens kolförråd. Som redan nämnts ovan beror den till stor del på variationer i åldersfördelningen hos trädbestånden i de två länen. Detta för med sig variationer över tid vad gäller omfattningen av gallring och slutavverkning på länsnivå. Detta i sin tur påverkar även de fossila utsläppen av växthusgaser som sker inom skogsbruket.

5.4.1 Kronobergs län



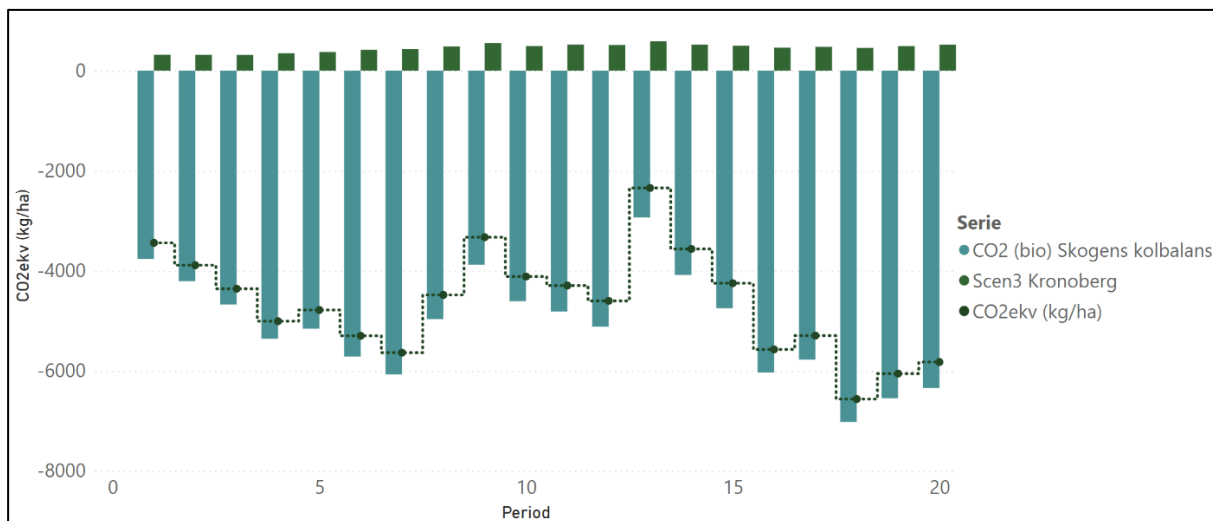
Figur 20: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 1 - Inget Skogsbruk, Kronobergs län.

Scenario 1, "Inget skogsbruk", visar som väntat ingen påverkan från utsläpp av fossila resurser (Figur 20). Istället visar diagrammet den hypotetiska bilden av ökningen av skogens kolförråd förutsatt att den lämnades för fri tillväxt från startåret och hundra år framåt.



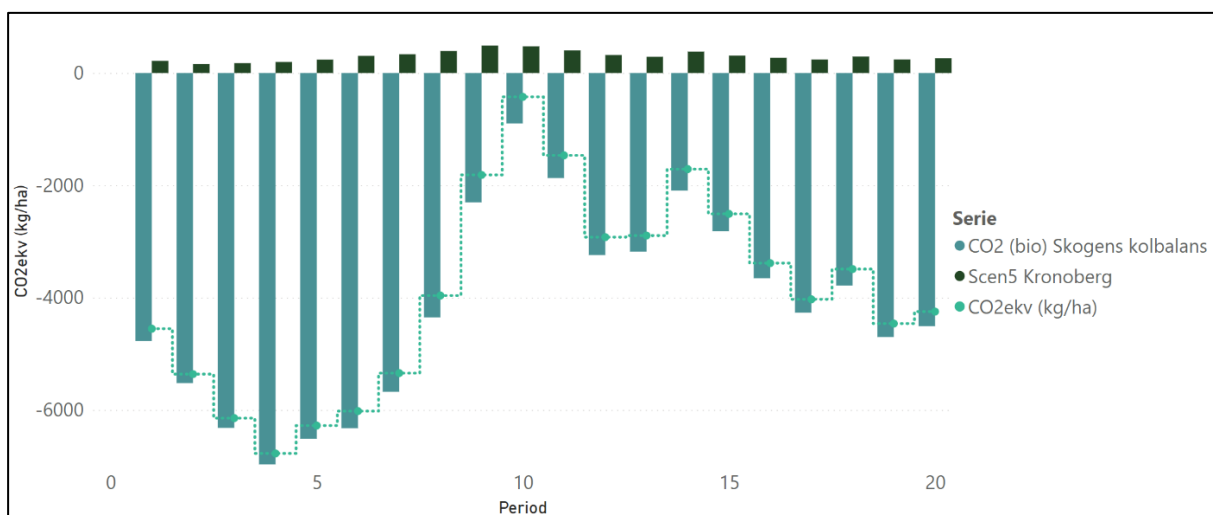
Figur 21: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 2 - Dagens Skogsbruk, Kronobergs län.

I scenario 2 tillkommer påverkan från användning av fossila resurser utifrån förutsättningarna för "Dagens skogsbruk" (Figur 21). Över hela den simulerade tidsperioden dominerar den biogena kolinbindningen. En ökad areal som avverkas i mitten av hundraårsperioden medför att ökningen av skogens kolförråd avtar något samtidigt som utsläppen av växthusgaser med fossilt ursprung ökar.



Figur 22: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 3 - Ökad Produktion, Kronobergs län.

Den relativa andelen från fossila utsläpp ökar något i scenario 3 Ökad produktion (Figur 22), jämfört med dagens skogsbruk (Figur 21), kopplat till en ökad produktion av skogsråvara (Tabell 8: Den summerade produktionen av skogsråvara över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario, summerat för hela länet. Enhet $M m^3 \text{fub} (100 \text{ år})^{-1}$. Beräkningarna inkluderar summerad produktion av timmer och massaved från alla trädslag, men inte produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd.). Tidsförloppen för vilka skogsbestånd som avverkas blir något annorlunda i detta scenario, vilket i sin tur påverkar skogens kolbalans samt även de fossila utsläppen både från skogsbruket och från produktionskedjan i resterande värdekedjor.

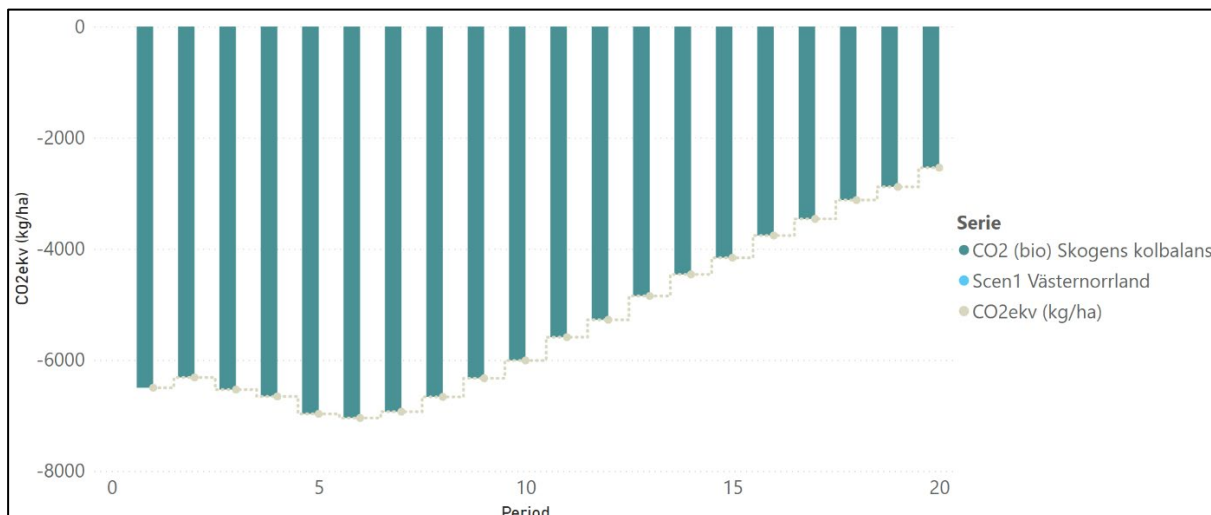


Figur 23: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 5 - Dubbla Naturvårdsarealer, Kronobergs län.

Den relativa andelen från fossila utsläpp minskar något i scenario 5 Dubbla Naturvårdsarealer (Figur 20), jämfört med dagens skogsbruk (Figur 18), kopplat till en minskad produktion av skogsråvara (Tabell 8).

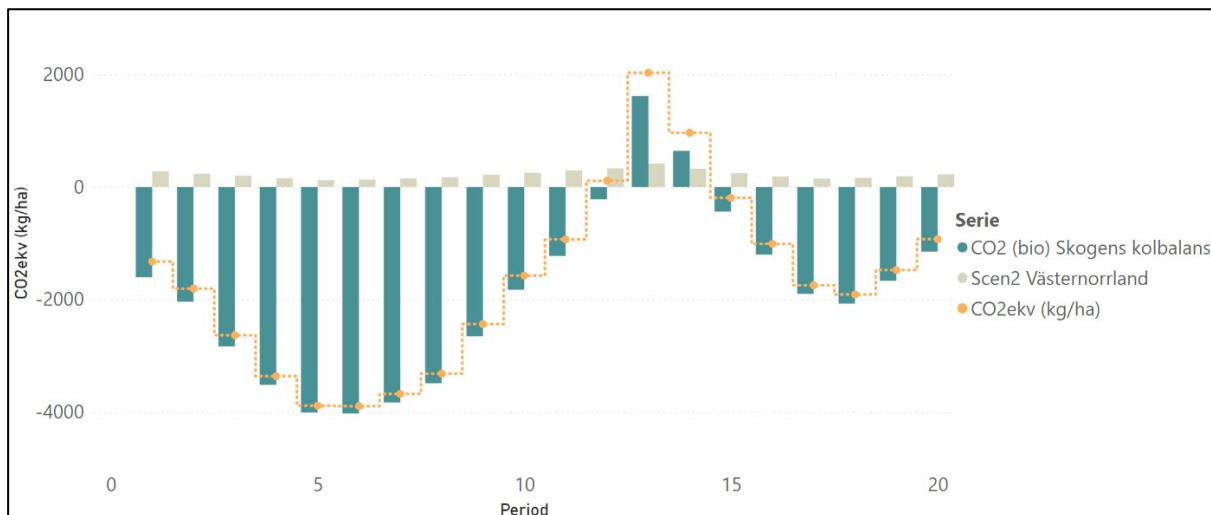
5.4.2 Västernorrlands län

Scenarioresultaten för Västernorrlands län uppvisar liknande övergripande trender som de för Kronobergs län.



Figur 24: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 1 - Inget Skogsbruk, Västernorrlands län.

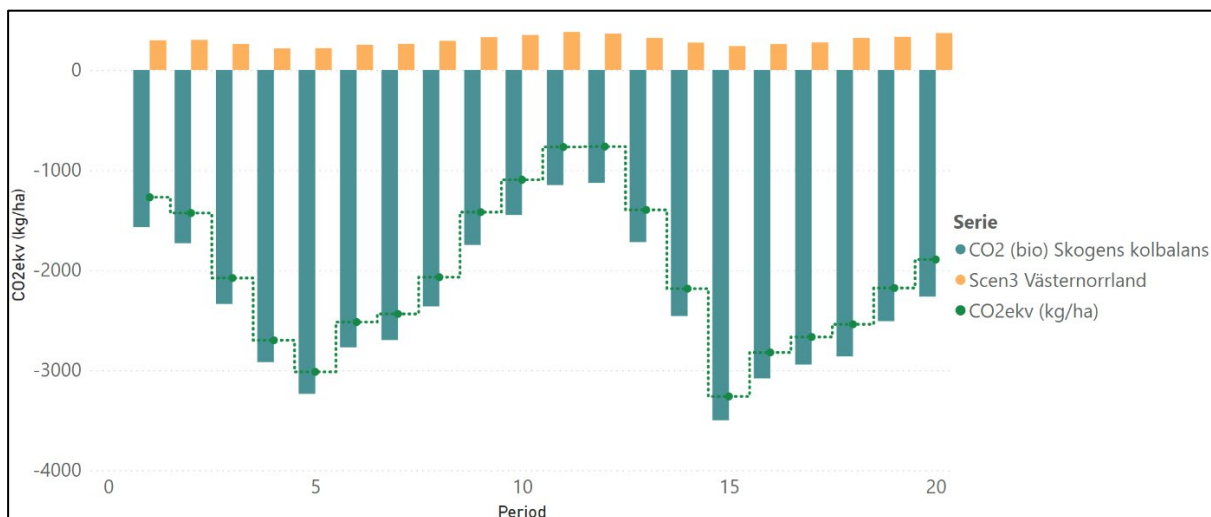
Scenario 1, "Inget skogsbruk", visar som väntat även för Västernorrland ingen påverkan från fossila resurser (Figur 24). Ökningen av skogens kolförråd beräknat per areal produktiv skogsmark ligger som redan beskrivits ovan (Tabell 10) på ungefär halva värdet jämfört med motsvarande värde för samma scenario för Kronobergs län (Figur 20).



Figur 25: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 2 - Dagens Skogsbruk, Västernorrlands län.

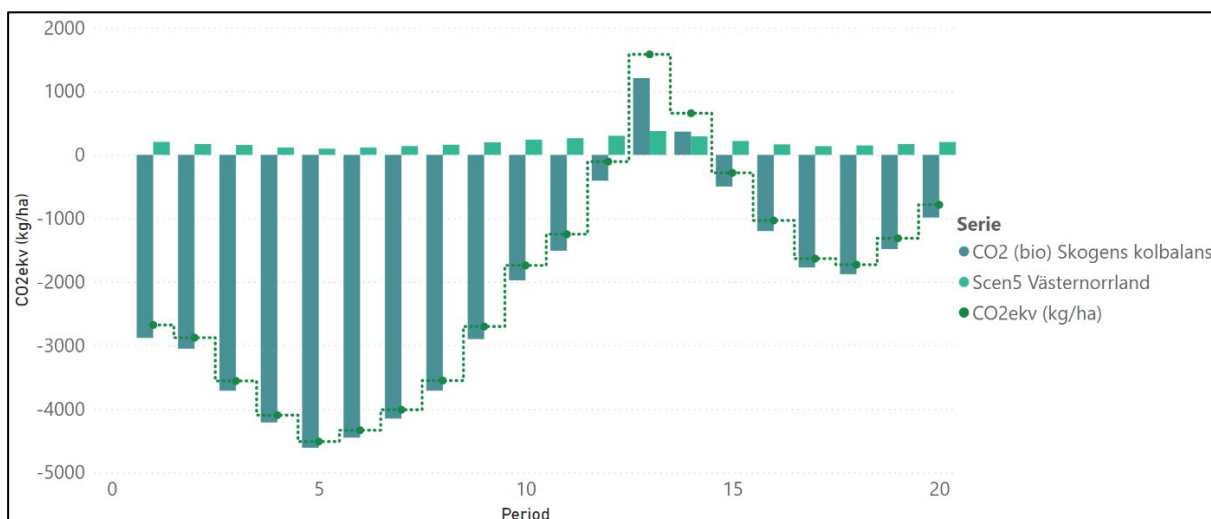
I scenario 2 tillkommer påverkan från användning av fossila resurser (Figur 25). Liksom för Kronoberg är de årliga förändringarna av kolförråden i skogen mycket större jämfört med de årliga fossila utsläppen från skogsbruket och industriella aktiviteter nedströms värdekedjan. Till skillnad från motsvarande scenario för Kronobergs län ses här en period, vid åren 60–70 år efter startåret, där det inte sker någon

kolinbindning till skogsbeståndet. Istället agerar skogen vid dessa år som en källa för utsläpp av biogent kol. Det medför ett positivt värde på netto-kolbalansen vid denna period. Detta beror som redan diskuterats ovan på att åldersstrukturen hos skogsbestånden vid början av simuleringen var ojämn, vilket medför att det under en tid sker avverkningar som på länsnivå är större än skogens tillväxt för dessa år.



Figur 26: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 3 - Ökad Produktion, Västernorrlands län.

Den relativa andelen från fossila utsläpp ökar något i scenario 3 "Ökad produktion" (Figur 26), jämfört med dagens skogsbruk (Figur 25). Ökad produktion medför ökade fossila utsläpp både från skogsbruk och industriella aktiviteter. I Scenario 3 uppvisas dock inte någon period med skogen som källa för utsläpp av biogent kol.



Figur 27: Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 5 - Dubbla Naturvårdsarealer, Västernorrlands län.

Den relativa andelen från fossila utsläpp minskar något i scenario 5 Dubbla Naturvårdsarealer (Figur 27), jämfört med dagens skogsbruk (Figur 25). Detta knyts till den minskade produktionen. Här ser man återigen en period med skogen som källa för utsläpp av biogent kol.

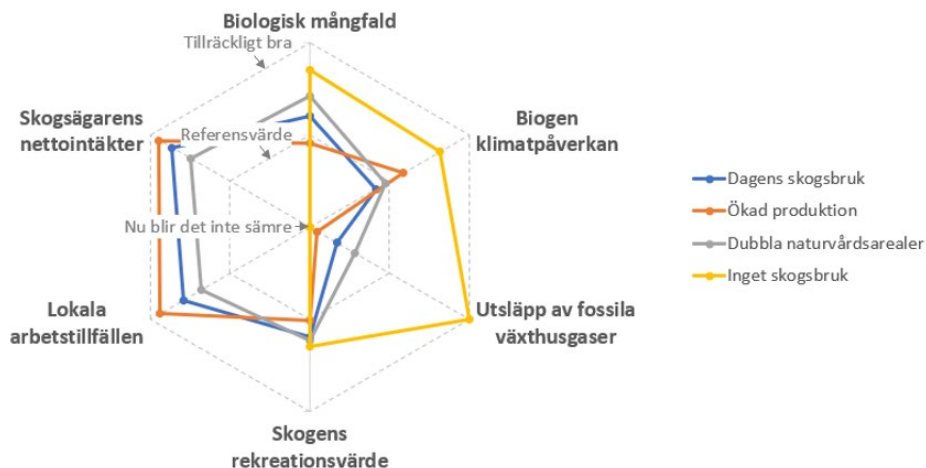
5.5 Ett exempel på jämförande analys av olika hållbarhetsindikatorer

En viktig aktivitet inom MDF arbetspaket 3 har varit att ta fram metoder för att illustrera och jämföra aggregerade resultat från beräkningar av vitt skilda hållbarhetsindikatorer. Spindeldiagram utgör ett bra sätt att illustrera komplexa resultat. En första förutsättning är att resultaten uttrycks på en gemensam skala, vilket är fallet med de beräknade karakteriseringsfaktorerna som beskrivits ovan (Figur 2). Karakteriseringsfaktorerna beräknas som ett värde mellan -1 och +1, där ett värde -1 illustrerar ett preferensvärde som kan utgöra ett målvärde, "tillräckligt bra", medan ett värde +1 illustrerar ett indifferentvärde, "nu blir det inte sämre". Det är dock problematiskt pedagogiskt att ett värde -1 illustrerar ett målvärde som vi strävar efter. I det följande vänder vi därför på skalan så att ett värde +1 illustrerar ett målvärde, "tillräckligt bra", medan ett värde -1 illustrerar ett indifferentvärde, "nu blir det inte sämre". Sammanfattningsvis medför detta att ett beräknat värde som ligger nära spindeldiagrammets ytterkant illustrerar ett värde som är positivt ur ett hållbarhetsperspektiv, medan ett värde som ligger nära diagrammets centrum visar ett värde som är negativt. Beräknade värden avser ett medelvärde för tidsperioderna 2–20, det vill säga mellan 5 och 100 år räknat från och med 2010.

I Figur 28 illustreras resultat vad gäller beräkningar av olika hållbarhetsindikatorer för fyra olika scenarier för skogsbruket i Kronobergs län och i Figur 29 visas motsvarande för Västernorrlands län. Vad gäller beräknade värden för Kronobergs län, framgår att scenariot "Inget skogsbruk" resulterar i mest positiva värden för hållbarhetsindikatorerna för biologisk mångfald samt biogen och fossil klimatpåverkan. Vad gäller skogens rekreativvärden är skillnaderna mellan scenarierna relativt små. Vad gäller de ekonomiska indikatorerna för antalet arbetstillfällen och skogsägarnas ekonomiska nettointäkter resulterar scenariot "Ökad produktion" i de mest positiva värdena på dessa hållbarhetsindikatorer. Scenariot "Inget skogsbruk" ger givetvis sämst värden, lika med indifferentvärdet, för dessa ekonomiska indikatorer. Anmärkningsvärt är att scenariot "Ökad produktion" får ett värde på karakteriseringsfaktorn för biogen klimatpåverkan som är näst mest positivt, efter scenariot "Inget skogsbruk". Som beskrivits ovan är inte kolinlagring i produkter eller eventuella substitutionseffekter inräknat i denna indikator för biogen klimatpåverkan.

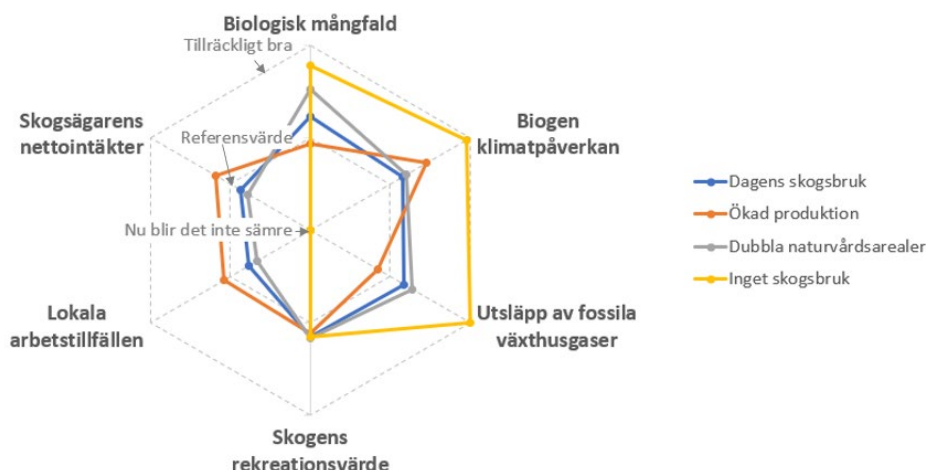
Resultaten som visas för Västernorrland i Figur 29 överensstämmer i stort med de beskrivna resultaten för Kronoberg.

Hållbarhetsindikatorer, Kronobergs län



Figur 28: Ett spindeldiagram som illustrerar värden för karakteriseringsfaktorer för olika hållbarhetsindikatorer beräknade för fyra olika scenarier för skogsbruket i Kronobergs län. De hållbarhetsaspekter som illustreras är skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald, på skogens biogena klimatpåverkan, på skogsbrukets utsläpp av fossila växthusgaser, på skogens rekreativvärden, på antalet lokala arbetstillfällen som genereras av skogsbruket, samt på skogsägarnas årliga ekonomiska nettointäkter. Ett värde i den mittersta cirkeln indikerar ett värde noll, vilket utgör ett referensvärde för indikatorn ifråga. Detta beräknas i sin tur utifrån scenariot "Dagens skogsbruk", period 1. Ett värde i spindeldiagrammets yttre avgränsning indikerar att karakteriseringsfaktorn har ett värde på +1, vilket i sin tur motsvarar ett målvärde "tillräckligt bra". Ett värde i spindeldiagrammets centrum indikerar att karakteriseringsfaktorn har ett värde -1, vilket i sin tur indikerar att "nu blir det inte sämre".

Hållbarhetsindikatorer, Västernorrlands län



Figur 29: Ett spindeldiagram som illustrerar värden för karakteriseringsfaktorer för olika hållbarhetsindikatorer beräknade för fyra olika scenarier för skogsbruket i Västernorrlands län. De hållbarhetsaspekter som illustreras är skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald, på skogens biogena klimatpåverkan, på skogsbrukets utsläpp av fossila växthusgaser, på skogens rekreativvärden, på antalet lokala arbetstillfällen som genereras av skogsbruket, samt på skogsägarnas årliga ekonomiska nettointäkter. Ett värde i den mittersta cirkeln indikerar ett värde noll, vilket utgör ett referensvärde för indikatorn ifråga. Detta beräknas i sin tur utifrån scenariot "Dagens skogsbruk", period 1. Ett värde i spindeldiagrammets yttre avgränsning indikerar att karakteriseringsfaktorn har ett värde på +1, vilket i sin tur motsvarar ett målvärde "tillräckligt bra". Ett värde i spindeldiagrammets centrum indikerar att karakteriseringsfaktorn har ett värde -1, vilket i sin tur indikerar att "nu blir det inte sämre".

5.6 Interaktivt webbverktyg

Ett interaktivt webbverktyg har tagits fram för att påvisa möjligheten till ökad tillgänglighet av den typ av scenariorresultat som exemplifierats i denna rapport. Verktyget nås via Mistra Digital Forests hemsida eller via denna [direktlänk](#).

I webbverktyget kan användaren ta del av en kortfattad beskrivning av bakgrunden till redovisade resultat samt botanisera bland ett urval av resultat från de scenarier som redovisas in denna rapport. Användarens val i nedrullningsbar meny styr till exempel vilket län och vilket scenario som visas upp i diagrammen på webbsidan.

I skrivande stund ingår de testade scenarierna för Kronobergs och Västernorrlands län, för samtliga scenarier 1–7. Resultaten visas upp på tre olika typer av diagramsidor:

- Hela värdekedjans bidrag till klimatpåverkande utsläpp, från användning av fossila resurser (med de två länens resultat presenterade sida vid sida, och möjlighet att välja vilka scenarier som ska visas). Webbsidan är en interaktiv motsvarighet till Figur 3 i avsnitt 5.2.3 av denna rapport.
- Hela värdekedjans bidrag till klimatpåverkande utsläpp, från användning av fossila resurser (per sektor i den skogliga värdekedjan. Sidan visas för ett valt län och ett valt scenario). Webbsidan är en interaktiv motsvarighet till resterande figurer i avsnitt 5.2.3 av denna rapport.
- Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans (med val av län och scenario). Webbsidan är en interaktiv motsvarighet till figurerna som presenteras i avsnitt 5.4 av denna rapport.

6 Diskussion

6.1 BioMapp

Med arbetet som utförts i Mistra Digital Forest, arbetspaket 3, har vi visat på möjligheten att modellera och analysera scenariorresultat för hela den skogliga värdekedjan, genom att knyta ihop simuleringsverktyget Heureka PlanVis med det vidareutvecklade verktyget BioMapp.

Resultaten av genomförd scenariorberäkning visar att förändrad produktion av skogsråvara, beräknad med Heureka PlanVis, påverkar råvaruflödena i BioMapp vilket i sin tur avspeglas i resultatet för klimatpåverkan från användning av fossila resurser för det modellerade systemet som helhet.

Beroende på vilka indata man väljer att koppla till BioMapp kan BioMapp framöver användas både för visualisering av ett företags nuläge och visa en framtidsprognos, baserat på simuleringar i Heureka, med antingen företagsperspektiv, ett större perspektiv på landskapsnivå eller för hela Sverige.

Det finns sedan tidigare verktyg för att visualisera påverkan från skogsbruk och resterande värdekedjor på olika aspekter av hållbarhet. ToSIA –Tool for Sustainability Impact Assessment of Forest Wood Chains (Lindner m. fl., 2010) är ett modellverktyg som beskriver påverkan på olika aspekter av hållbarhet i den skogliga värdekedjan, från skogen till produkt. I detta verktyg är det mycket begränsade möjligheter att applicera scenarier med olika skogsbruksmetoder. Vidare har tester visat att det finns betydande tekniska problem med att använda detta verktyg (de Jong m. fl., 2018).

6.1.2 Produktionen av skogsråvara

Produktionen av skogsråvara över en period av 100 år var cirka 35% högre i scenariot "Ökad produktion", jämfört med dagens skogsbruk i båda länen och ca 12 % lägre i "Dubbla naturvårdsarealer". Av de stora sortimenten är det sågtimmer som ökar mest i scenariot "Ökad produktion", i synnerhet i Kronobergs län. Produktionen av skogsråvara varierade över tid, framför allt beroende på åldersfördelningen hos skogsbestånden vid simuleringsperiodens början.

6.1.3 Produkter

BioMapp-modellen är idag byggd så att den procentuella fördelningen, av en given skogsråvara, mellan förädlingsstegen i BioMapp-modellen är konstant oavsett vilket scenario som studeras. Fördelningstal för produktutfallet i de modellerade processtegen hanteras på motsvarande sätt. Sammantaget gör detta att processer som genererar mer än en produkt uppvisar samma variation för alla sina produkter för ett givet scenario. Det vore intressant att i förlängningen inkludera en möjlighet att studera produktutfallet givet en påverkan av olika kvaliteter av sortimentet av producerad skogsråvara.

6.1.4 Klimatpåverkan från fossila utsläpp

Fossila utsläpp från skogsbruket beräknades baserat på olika emissionsfaktorer för olika skogsbruksåtgärder. Fossila utsläpp från skogsbruket blir därför starkt korrelerade med produktionen av skogsråvara i de olika scenarierna och tidsperioderna.

6.2 Hållbarhetsindikatorer

Sammanfattningsvis visar resultaten från denna pilotstudie att de metoder som tidigare har föreslagits för att beräkna olika hållbarhetsindikatorer för svenskt skogsbruk (Karlsson m. fl., 2021), med några få undantag, fungerar relativt väl att applicera tillsammans med de resultatvariabler som produceras med Heureka PlanVis på länsnivå. Undantagen utgörs främst av antalet arbetstillfällen och utsläpp av fossila växthusgaser, där approximativa metoder i stället har behövts användas. Det är en nackdel att det i Heureka PlanVis inte beräknas löpande förändringar av skogsmarkens nuvärde och inte heller förväntat framtida värde.

Metodiken för att beräkna indikatorer för olika aspekter av hållbarhet för skogsbruk var ursprungligen avsedd att appliceras för stora skogsägare. Resultaten var avsedda att räknas om till relativa värden för karakteriseringsfaktorer, mellan -1 och +1, baserat på ett referensscenario där tillståndet i omgivande geografisk region (län) skulle användas. I denna pilotstudie, som applicerats på tidsutvecklingen över hundra år för två olika län, används istället tillståndet i den första femårsperioden i scenariot "Dagens skogsbruk" som referensvärde för respektive indikator och utveckling över tid i de tre andra scenarier samt för resterande tidsperioder inom "Dagens skogsbruk". I framtida applikationer för individuella skogsägare kan det länsvisa värdet för dagens skogsbruk för den första femårsperioden användas som referensscenario för den relativa tidsutvecklingen av karakteriseringsfaktorn för en individuell skogsägare i samma län.

Övergripande kan sägas beräkningarna av hållbarhetsindikatorer för de fyra olika scenarierna för framtida skogsbruk över en tidsperiod av 100 år har givit förväntade resultat. Utvecklingen över tid har också blivit tydlig vid beräkningarna av karakteriseringsfaktorer som utgår från antagna värden för referens, preferens och indifferensscenarier.

De fyra scenarier som analyserats i detalj, av vilket ett utgör "Dagens skogsbruk", får anses fullt realistiska, förutom då scenariot "Inget skogsbruk", som är ett drastiskt scenario som inkluderats för att illustrera vad som kan tänkas hända om all skog lämnas för fri utveckling.

Det var tydliga skillnader mellan de två länen vad gäller beräknade indikatorer för scenariot "Dagens skogsbruk". Produktionen av skogsråvara över hundraårsperioden var 70 % högre i Västernorrland medan den totala arealen produktiv skogsmark var 2,7 gånger större i Västernorrland, jämfört med Kronobergs län. Produktionen per areal var således avsevärt lägre i Västernorrland. Indikatorvärdet för biologisk mångfald var 10% högre i Västernorrland, medan indikatorn för rekreationsvärde var 30% högre i Kronoberg. Indikatorerna för både biogen och fossil klimatpåverkan var avsevärt högre i Kronobergs län, liksom de ekonomiska indikatorerna.

Beräknade värden för indikatorerna för scenariot "Inget skogsbruk" resulterar givetvis inte i någon produktion av skogsråvara och därmed inga arbetstillfällen eller nettointäkter för skogsägarna. Inte heller blir det några utsläpp av fossila växthusgaser. Den biogena klimatnyttan blir dock stor eftersom avverkningen avstannar medan skogens tillväxt fortgår under hundraårsperioden. I scenariot "Inget skogsbruk" avtar dock ökningen av skogens kolförråd i slutet av hundraårsperioden, i synnerhet i Kronobergs län, vilket troligen beror på att i Heureka PlanVis avtar skogens tillväxt med ökad beståndsålder över ett visst värde. Vad gäller övriga hållbarhetsindikatorer beräknade för scenariot "Inget skogsbruk" ökar som väntat indikatorerna för biologisk mångfald, samt biogen klimatpåverkan mer och snabbare i detta scenario, jämfört med övriga scenarier. Vad gäller skogens rekreationsvärde visar beräkningarna, under de givna förutsättningarna, att det för scenariot "Inget skogsbruk" förbättras över tid något snabbare jämfört med övriga scenarier.

Beräknade värden för indikatorerna för scenariot "Ökad produktion" resulterar som väntat i sämre värden, jämfört med övriga scenarier, för biologisk mångfald, utsläpp av fossila växthusgaser, samt skogens rekreationsvärden (endast Kronoberg), men avsevärt bättre värden vad gäller arbetstillfällen och skogsägarens nettointäkter. Vad gäller biogen klimatnytta ger scenariot "Ökad produktion" i senare delen av hundraårsperioden bättre värden jämfört med övriga scenarier, i synnerhet i Kronobergs län.

Beräknade värden för indikatorerna för scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" resulterar i en bättre påverkan på biologisk mångfald, jämfört med scenarierna "Dagens skogsbruk" och "Ökad produktion". Vad gäller biogen och fossil klimatpåverkan var det inga betydande skillnader gentemot dagens skogsbruk. Vad gäller de ekonomiska indikatorerna var resultaten för scenariot "Dubbla naturvårdsarealer" relativt likt de för dagens skogsbruk, dock med något sämre värden för Kronoberg.

Sammantaget visar resultaten att det är det viktigt att testa hur de beräknade värdena för de olika indikatorerna beter sig när det gäller skogsbruk i olika delar av landet. Vidare är det viktigt att en enskild skogsägare bedöms utifrån de förutsättningar som råder i det egna länet, något som är fallet i den metodik som finns föreslagen (Karlsson m. fl., 2021; Mattsson m. fl., 2022). Slutligen är det viktigt att bedömningarna görs över långa tidperioder eftersom påverkan på de olika indikatorerna varierar över tid.

6.3 Klimatpåverkan från hela den skogsindustriella värdekedjan

Det som blev särskilt tydligt vid analyser av klimatpåverkan från hela den skogsindustriella värdekedjan var att fossila utsläpp i de flesta fall blev avsevärt lägre storleksordning jämfört med klimatpåverkan från biogent kolupptag i skogsekosystemen. Detta har varit fallet även vid många tidigare beräkningar av så

kallade "Carbon Footprints" för skogsindustriella produkter. Dessa studier har dock i de flesta fall genomförts som uppdrag och kan därför inte refereras här.

De beräkningar som har gjorts i denna studie har avgränsats till att gälla inom Sveriges gränser. Systemet blir avsevärt mer komplicerat om export och import skulle inkluderas i beräkningarna. Som det nu är inkluderas inte den temporära kolupplagringen i skogsindustriella produkter och inte heller eventuella substitutionseffekter. Vid export finns det osäkerheter vad gäller hur produkterna i slutändan används. Vad gäller import finns det osäkerheter vad gäller under vilka omständigheter som skogsråvara och produkter har tagits fram.

6.4 Sammanfattningsvis

Vi har tagit fram ett beräkningsverktyg, BioMapp, som beskriver nuläget för råvaruflöden inom svensk skoglig sektor, från skogsbruk till olika kategorier av produkter.

Förändrad produktion av skogsråvara påverkar råvaruflödena i BioMapp, men det återstår att utveckla hur förändringar i sortimentens kvalitet påverkar fördelningen mellan relevanta processer

De fyra scenarier som analyserats i detalj, av vilket ett utgör "Dagens skogsbruk", får anses fullt realistiska, förutom scenariot "Inget skogsbruk", som inkluderats för att illustrera konsekvenserna av om all skog lämnas för fri utveckling

De metoder som föreslagits för att beräkna olika hållbarhetsindikatorer för svenskt skogsbruk (Karlsson m. fl., 2021) fungerar med några få undantag väl att applicera tillsammans med de resultatvariabler som kan produceras med Heureka PlanVis på länsnivå.

Undantagen utgörs främst av antalet arbetstillfällen, samt utsläpp av fossila växthusgaser, där approximativa metoder i stället har behövts användas.

Sammantaget är det viktigt att testa hur de beräknade värdena för de olika indikatorerna betar sig när det gäller skogsbruk i olika delar av landet och över en lång tidsperiod. Vidare är det viktigt att en enskild skogsägare bedöms utifrån de förutsättningar som råder i det egna länet, något som är fallet i den metodik som finns föreslagen.

Det råder i nuläget en diskussion i det svenska samhället om för och nackdelar med att öka respektive minska produktionen av skogsråvara samt vilka skogsbruksmetoder som skall användas. Vidare diskuteras hur producerad skogsråvara skall kunna användas optimalt. Vår förhoppning är att beräkningsverktyget BioMapp/ Heureka skall kunna bidra till att skapa ytterligare kunskap som kan utgöra underlag för dessa fortsatta diskussioner.

7 Fortsatt arbete

Det finns flera utvecklingsområden att studera närmare i BioMapp. Under nästa fas av Mistra Digital Forest kommer fortsatt arbete att ske för att:

- Analysera scenariobaserade substitutionseffekter i BioMapp för att ge en tydligare bild av vilken effekt olika typer av skogsbruk kan ge för koldioxidutsläpp på en större systemnivå när produkter baserade på skogsråvara ersätter produkter med högre klimatbelastning.
- Integrera beräkning av hållbarhetsindikatorer direkt i BioMapp.
- Inkludera biogent kol från träbaserade produkter (harvested wood products, HWP) i BioMapp.

- Undersöka möjligheterna att beakta import och/eller export av råvara eller produkter i BioMapp.
- Komplettera webbverktyget med ytterligare sidor för att visualisera resultat från ovan listade punkter.

8 Referenser

Bioinnovation 2022. Om bioekonomi. <https://www.bioinnovation.se/om-bioekonomi-begrepp-och-fakta/>

Biometria. Skogsindustrins virkesförbrukning samt produktion av skogsprodukter 2014–2018. September 2019

Cashman, S.A., Moran, K.M., Gaglione, A.G. 2015. Greenhouse Gas and Energy Life Cycle Assessment of Pine Chemicals Derived from Crude Tall Oil and Their Substitutes. *Journal of Industrial Ecology*. Volume 20, Number 5. DOI: 10.1111/jiec.12370.

de Jong, J., Akselsson, C., Karlsson, P.E., Suominen, T., Jasinevičius, G. 2018. Assessing forest biomass use in south Sweden – development of methods for sustainability analysis. Project report to the Swedish Energy Agency.

Erlandsson, M. 2022. Generella indata och metodantagande för att kunna beräkna miljöpåverkan från sågverkens produkter och övrig träförädlingsindustri, För Mistra Digital Forest, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2022-06-07, reviderad 9 oktober 2022.

Karlsson, P.E., Mattsson, E., Nilsson, Å., Erlandsson, M., Holmström, H., 2021. Indikatorer för hållbarhetsbedömningar av svenskt skogsbruk. IVL rapport C 612. ISBN 978-91-7883-327-6.

Lindner, M., Suominen, T., Palosuo, T., Garcia-Gonzales, J., Verweij, P., Zudin, S., Päivinen, R., 2010. ToSIA – A Tool for Sustainability Impact Assessment of Forest Wood Chains. *Ecol Model* 221:2197–2205. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.08.006>

Lundmark, T., 2020. Skogen räcker inte till – hur ska vi prioritera? *Future Forests Rapportserie 2020:4*. ISBN 978-91-576-9765-3.

Mattsson E, Erlandsson M, Karlsson PE, Holmström H. A Conceptual Landscape-Level Approach to Assess the Impacts of Forestry on Biodiversity. *Sustainability*. 2022; 14(7):4214

Naturvårdsverket, 2021. NIR, 2021. National Inventory Report Sweden 2021.

Nilsson, Å., Holmström, H., 2021. Tillgång på skogsråvara för framtidens efterfrågan – scenarioberäkningar. IVL rapport C 568. ISBN 978-91-7883-248-4.

Preem 2022. Data från Katarina Persson, Preem Lysekil, 2022-05-13.

Nilsson, Å., Sidvall, A., Karlsson, P.E., Erlandsson, M., Holmström, H., Nordström, M., Wilhelmsson, L., Ågren, K., 2021. Modellering av råvaruflödet i skogliga värdekedjor, inklusive råvaruegenskaper och hållbarhetsaspekter. IVL rapport C 567. ISBN 978-91-7883-247-7

Regeringen 2017. En klimatstrategi för Sverige. Skr. 2017/18:238.

<https://www.regeringen.se/4971fa/contentassets/efa01b82b6304de8b469376fb057dda7/en-klimatstrategi-for-sverige-skr.-201718238>.

Skogsstyrelsen, 2017. Sysselsättning i skogsbruket 2017. Statistiska meddelanden JO11 SM 1801.

<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistiska-meddelanden/sm-sysselsattning-i-skogsbruket-ke.pdf>.

SOU 2020:73. Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen.

<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentligautredningar/2020/11/sou-202073/>

Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. and Klintebäck, F. 2011. The Heureka forestry decision support system: An overview. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences* 3(2):87-94.

Ågren, K., Högbom, L., Johansson, M., och Wilhelmsson, L. 2021. Datainsamling till underlag för livscykelanalyser (LCA) av det svenska skogsbruket. Skogforsk ARBETSRAPPORT 1086-2021. ISSN 1404-305X.

Bilaga 1. Resultat för hållbarhetsberäkningar för övriga scenarier

B.1.1 Beräkningar av hållbarhetsindikatorer

I detta appendix redovisas resultaten vad gäller beräkningar av olika hållbarhetsindikatorer för Scenario 4 - Ökad produktion och ökat uttag (kallas "Ökad prod. och uttag"), Scenario 6 - Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk ("Dubbla naturv. arealer och kont. skogsbruk") samt för Scenario 7 - Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider ("Dubbla naturv. arealer och kont. skogsbruk, längre omloppstider"). För jämförelse visas även resultaten för Scenario 2 - Dagens skogsbruk.

För beskrivning av metodik för beräkningar av hållbarhetsindikatorer hänvisas till huvudrapporten. För tydlighets skull redovisas dock i Tabell B.1.1 och B.1.2 de referens, preferens samt indifferensvärden som använts för beräkningarna av de olika indikatorerna.

Tabell B1.1. Referens-, preferens- och indifferensvärden för olika indikatorer för Kronobergs län, tillsammans med förklaring till beräkning av respektive värde.

Indikator	Enhet	referens	preferens	Indifferens	referens	preferens	Indifferens
Biodiversitet	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.37	0.90	0.100	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
Klimat, biogen	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	5.49	10.99	0.000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	balans = 0
Klimat, fossilt	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	0.015	0.008	0.031	dagens skogsbruk, period 1	10% av referensvärdet	dubbelt referensvärdet
social, rekreation	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.4	0.9	0.1	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
ekonomisk, arbetstillfällen	AWU ha ⁻¹	0.0007	0.0014	0.0001	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nettointäkt	SEK ha ⁻¹ år ⁻¹	661	1323	66	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nuvärde	SEK ha ⁻¹	27260	54521	2726	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet

Tabell B1.2. Referens-, preferens- och indifferensvärden för olika indikatorer för Västernorrlands län, tillsammans med förklaring till beräkning av respektive värde.

Indikator	Enhet	referens	preferens	Indifferens	referens	preferens	Indifferens
Biodiversitet	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.50	0.90	0.100	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
Klimat, biogen	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	2.41	4.82	0.000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	balans = 0

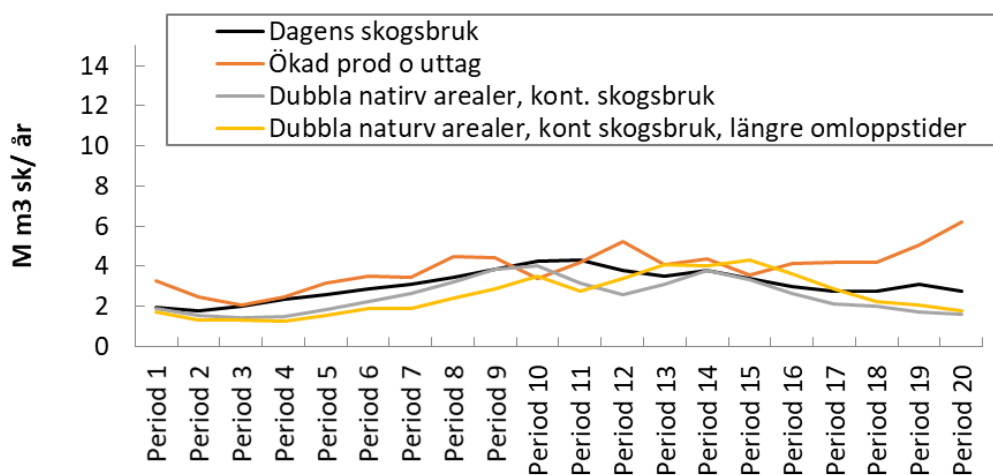
Klimat, fossilt	ton CO _{2e} ha ⁻¹ år ⁻¹	0.020	0.002	0.039	dagens skogsbruk, period 1	10% av referensvärdet	dubbelt referensvärdet
social, rekreation	fraktion av den totala arealen produktiv skog	0.4	0.9	0.1	dagens skogsbruk, period 1	90% av arealen	10% av arealen
ekonomisk, arbetstillfällen	AWU ha ⁻¹	0.0005	0.0010	0.0000	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nettointäkt	SEK ha ⁻¹ år ⁻¹	806	1612	81	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet
ekonomisk, nuvärde	SEK ha ⁻¹	28727	57455	2873	dagens skogsbruk, period 1	dubbelt referensvärdet	10% av referensvärdet

B.1.2 Produktion av skogsråvara

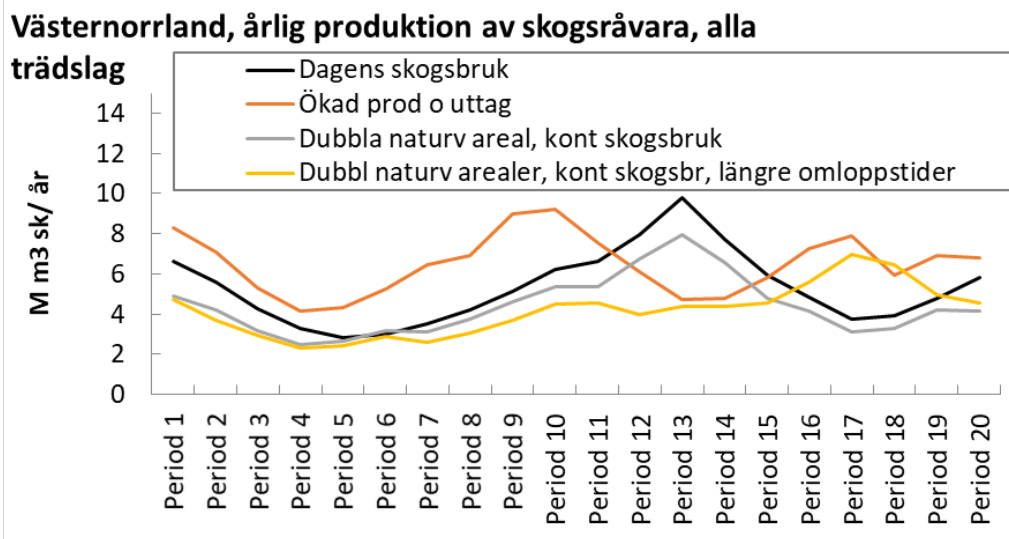
Produktion av skogsråvara för de olika länen och scenarierna för de olika femårsperioderna visas i Figur B1.1. Den summerade produktionen av skogsråvara över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, redovisas i Tabell B1.3. Produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd är inte inkluderat.

A

Kronoberg, årlig produktion av skogsråvara, alla trädslag



B



Figur B.1.1. Årlig produktion av skogsråvara för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Produktionen av vedråvara redovisas summerat för alla trädslag över 100 år, uttryckt i enheten m³sk. Beräkningarna inkluderar produktionen av timmer och massaved men inte produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd.

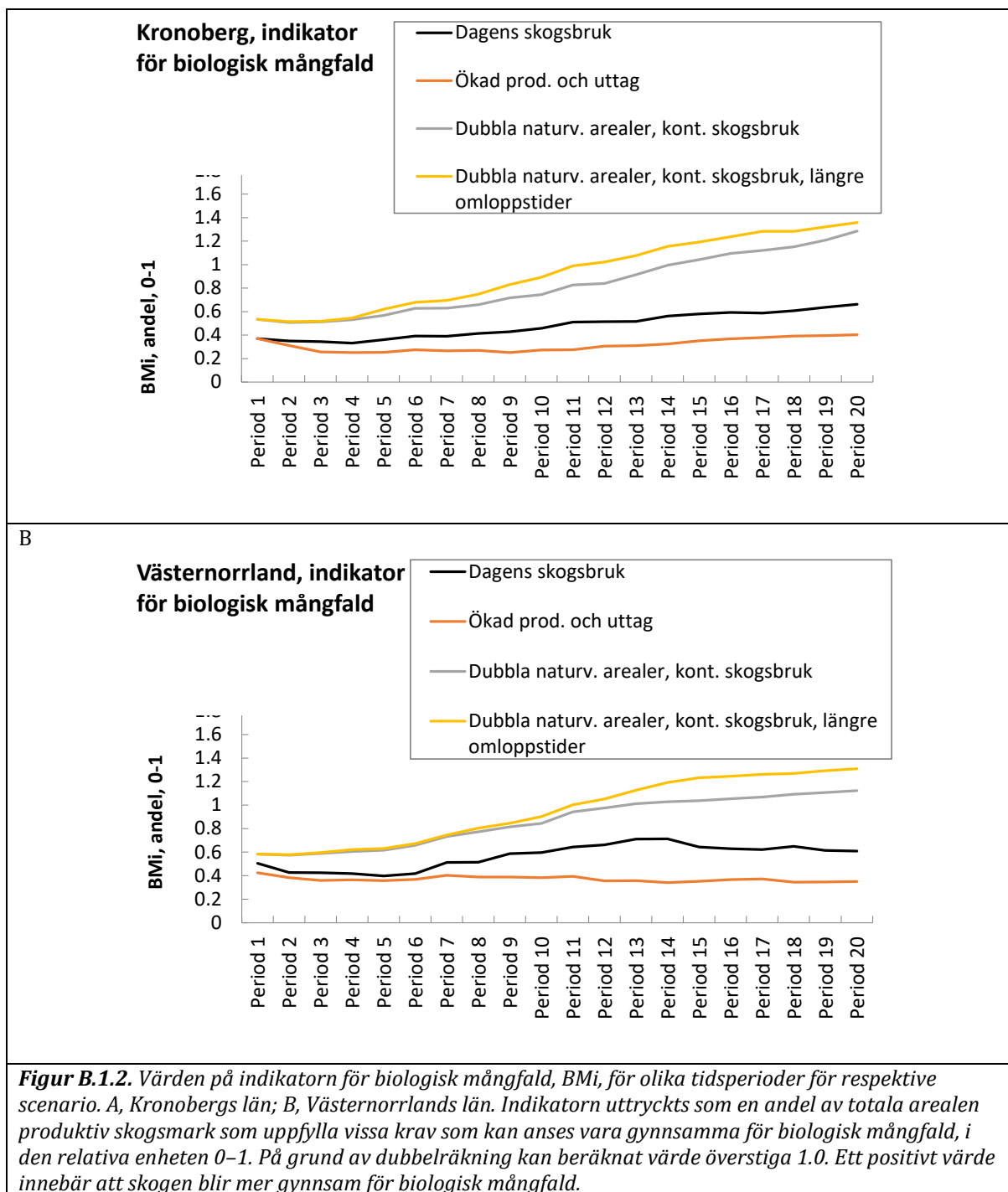
Tabell B.1.3. Den summerade produktionen av skogsråvara över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet M m³fub (100 år)⁻¹. Beräkningarna inkluderar produktionen av timmer och massaved från alla trädslag, men inte produktionen av energived, GROT och eventuell stubbskörd

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	307	390	250	254
Västernorrland	529	649	439	417

B.1.3 Indikatorn för skogsbrukets påverkan på biologisk mångfald

I Figur B.1.2 visas resultaten för länsvis beräkningar av absolutvärden för indikatorn för biologisk mångfald, BM_i, för de olika scenarierna. I Tabell B.1.4 visas medelvärden för indikatorn för biologisk mångfald över de tjugo femårsperioderna, 100 år. På grund av dubbelräkning kan beräknat värde överstiga 1,0.

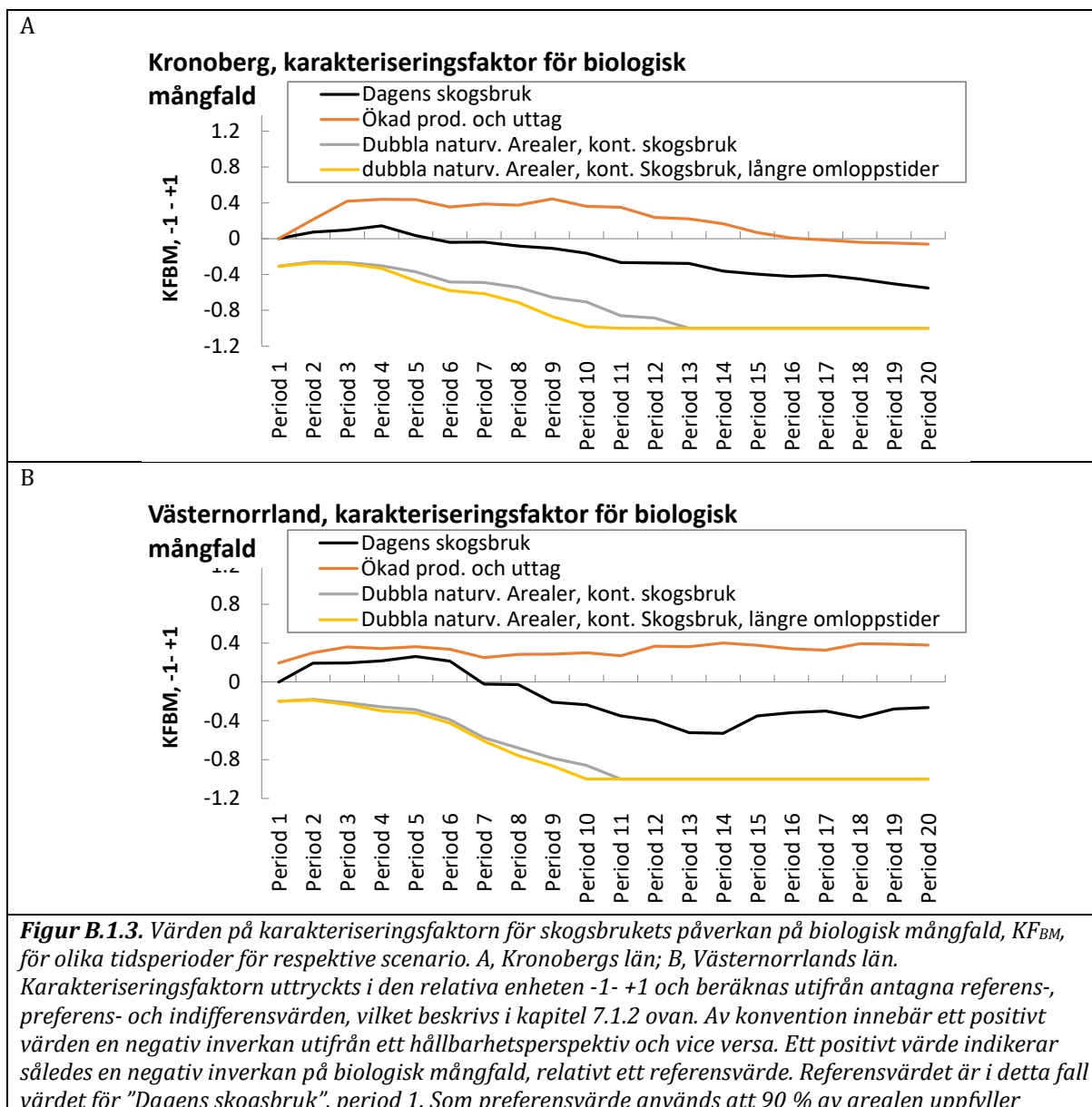
A



Tabell B.1.4. Beräknade värden för indikatorn för biologisk mångfald, som medelvärde över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet andel 0–1. På grund av dubbelräkning kan beräknat värde överstiga 1.0. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	0.48	0.31	0.82	0.92
Västernorrland	0.53	0.37	0.86	0.95

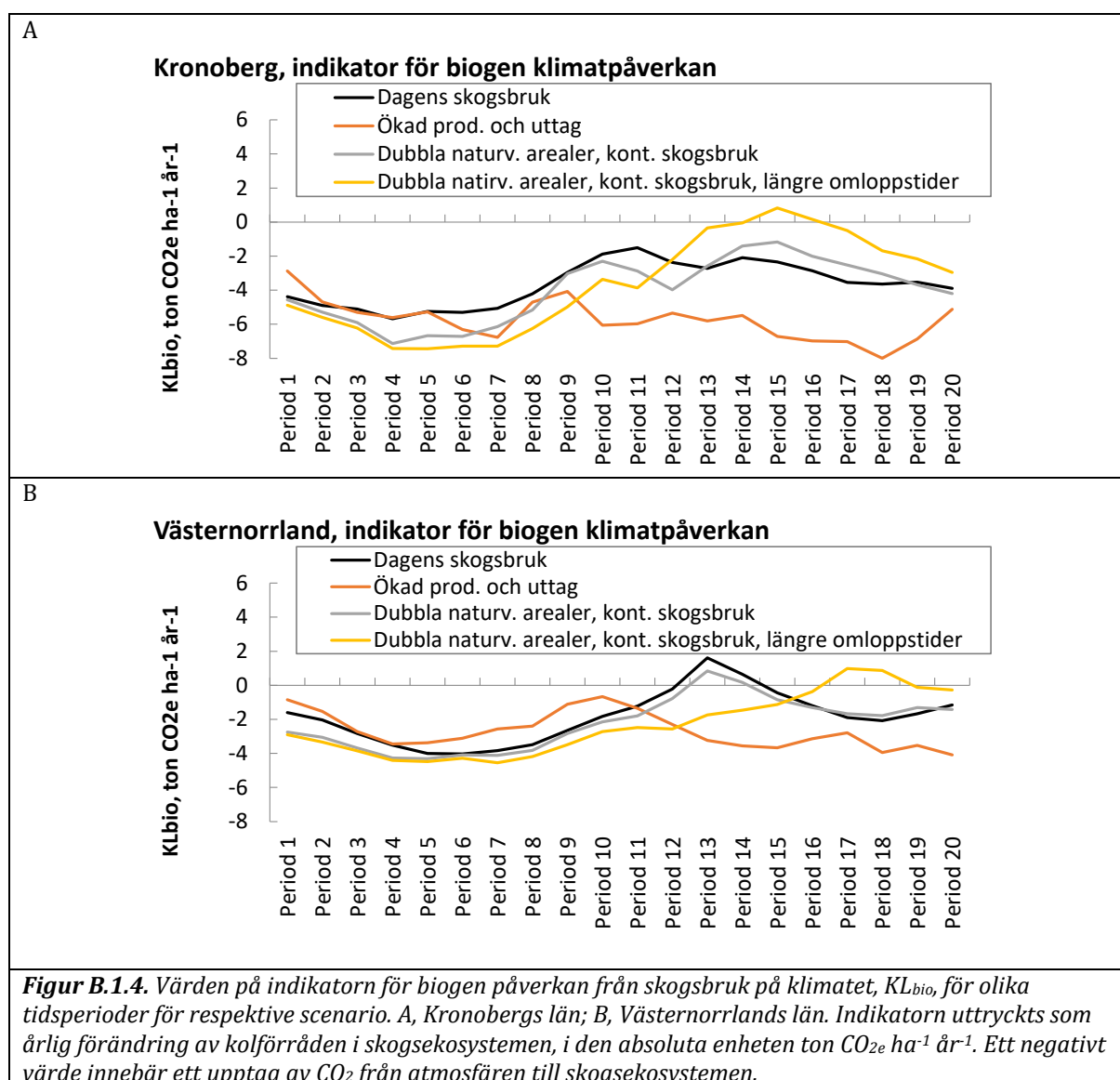
Karakteriseringsfaktorn för biologisk mångfald uttrycks som ett relativt värde mellan -1 och +1, och beräknas utifrån referens-, preferens- och indifferensvärden, vilket beskrivs i kapitel 7.1.2 ovan. I Figur B.1.3 visas resultaten för länsvis beräkningar av karakteriseringsfaktorn för biologisk mångfald, KF_{BM} , för de olika scenarierna.



kraven för en gynnsam inverkan på biologisk mångfald, som indifferensvärde används att endast 10% av arealer uppfyller kraven.

B.1.4 Biogen påverkan på klimatet

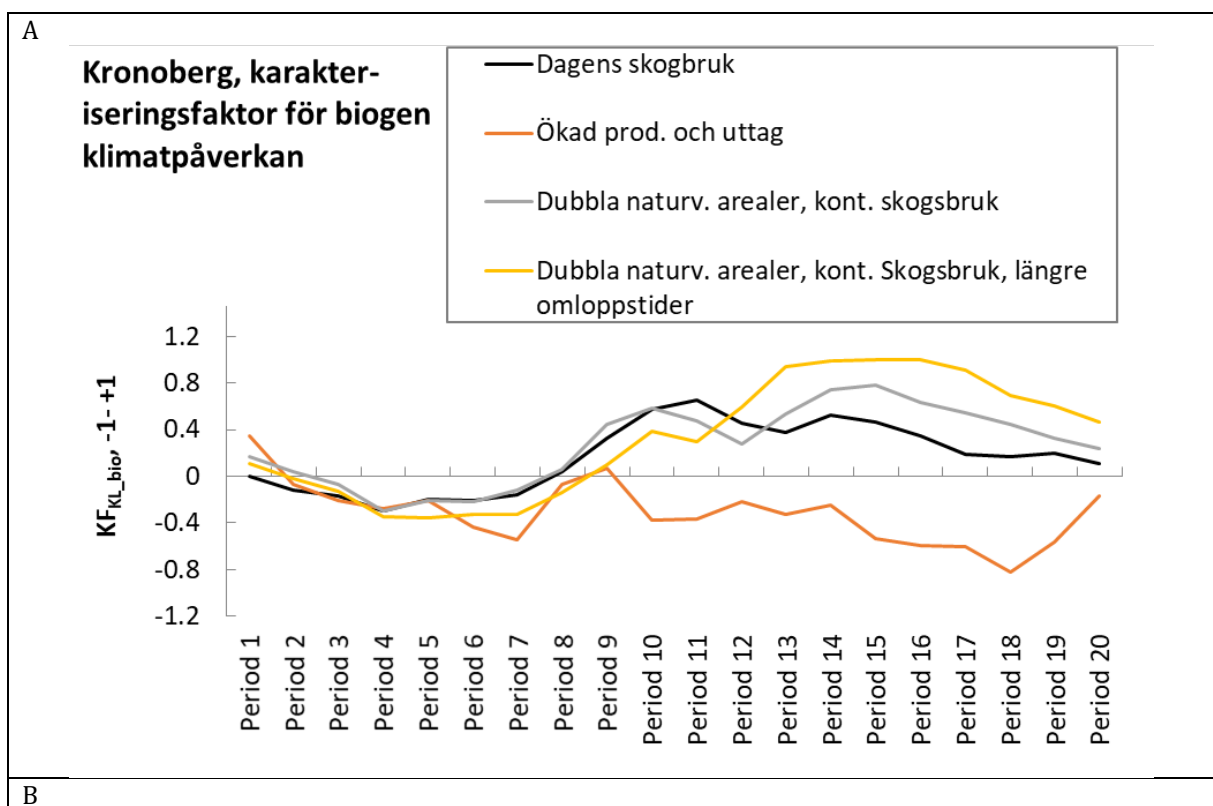
I Figur B.1.4 visas länsvisa resultaten för beräkningar av absolutvärden för indikatorn för biogen klimatpåverkan, KL_{bio} , för de fyra olika scenarierna. I Tabell B.1.5 visas de ackumulerade värdena för absolutvärden för indikatorn för biogen klimatpåverkan, KL_{bio} , för de fyra olika scenarierna över 100 år.

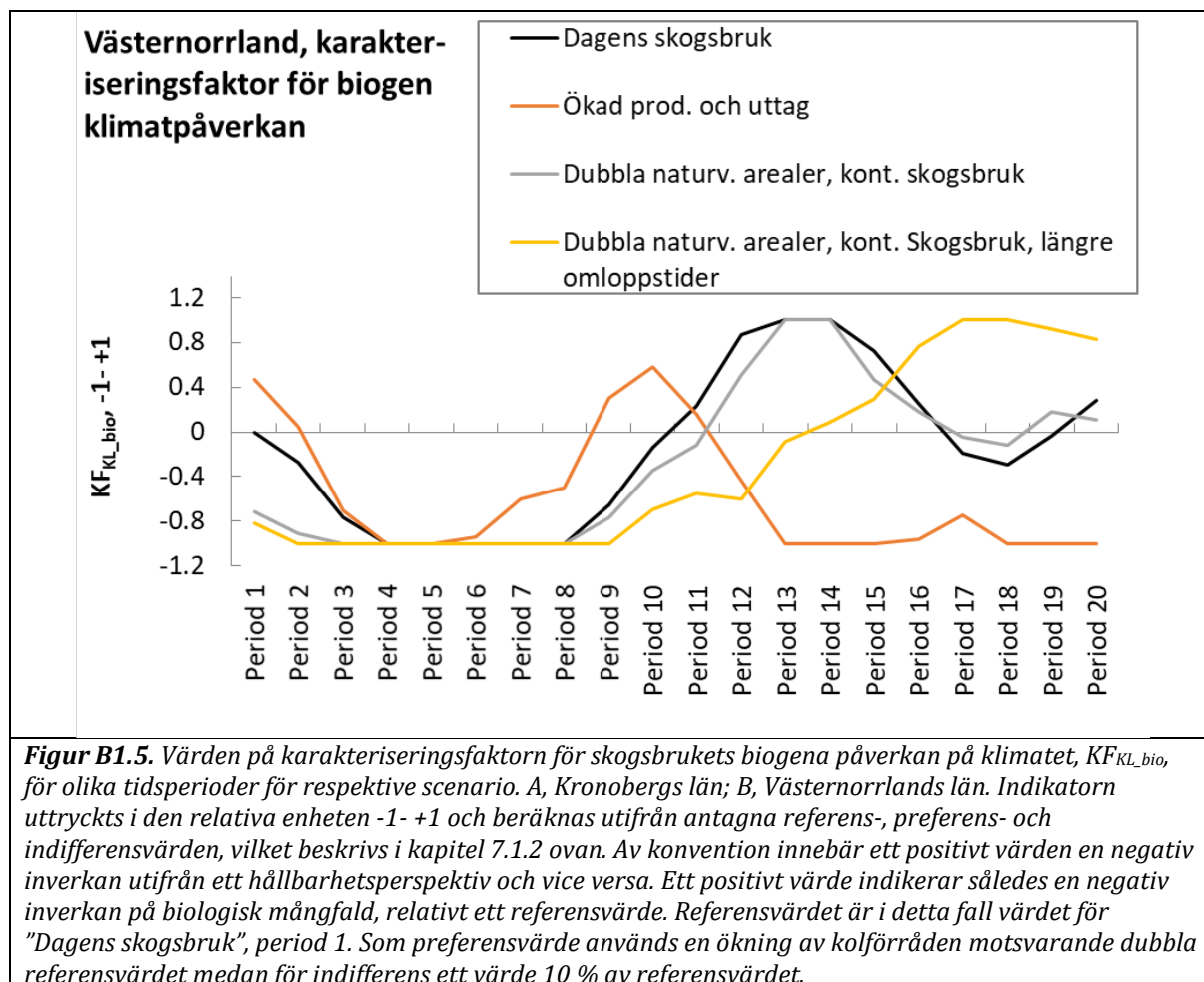


Tabell B.1.5. Beräknade värden för indikatorn för biogen klimatpåverkan, som summerade värden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet ton CO_{2e} ha⁻¹ (100 år)⁻¹. Ett negativt värde visar ett upptag av CO₂ från atmosfären. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	-366	-575	-402	-368
Västernorrland	-187	-267	-225	-233

Karakteriseringsfaktorerna för biogen klimatpåverkan från skogsbruk visas i Figur B.1.5 för de olika scenarierna och tidsperioderna.

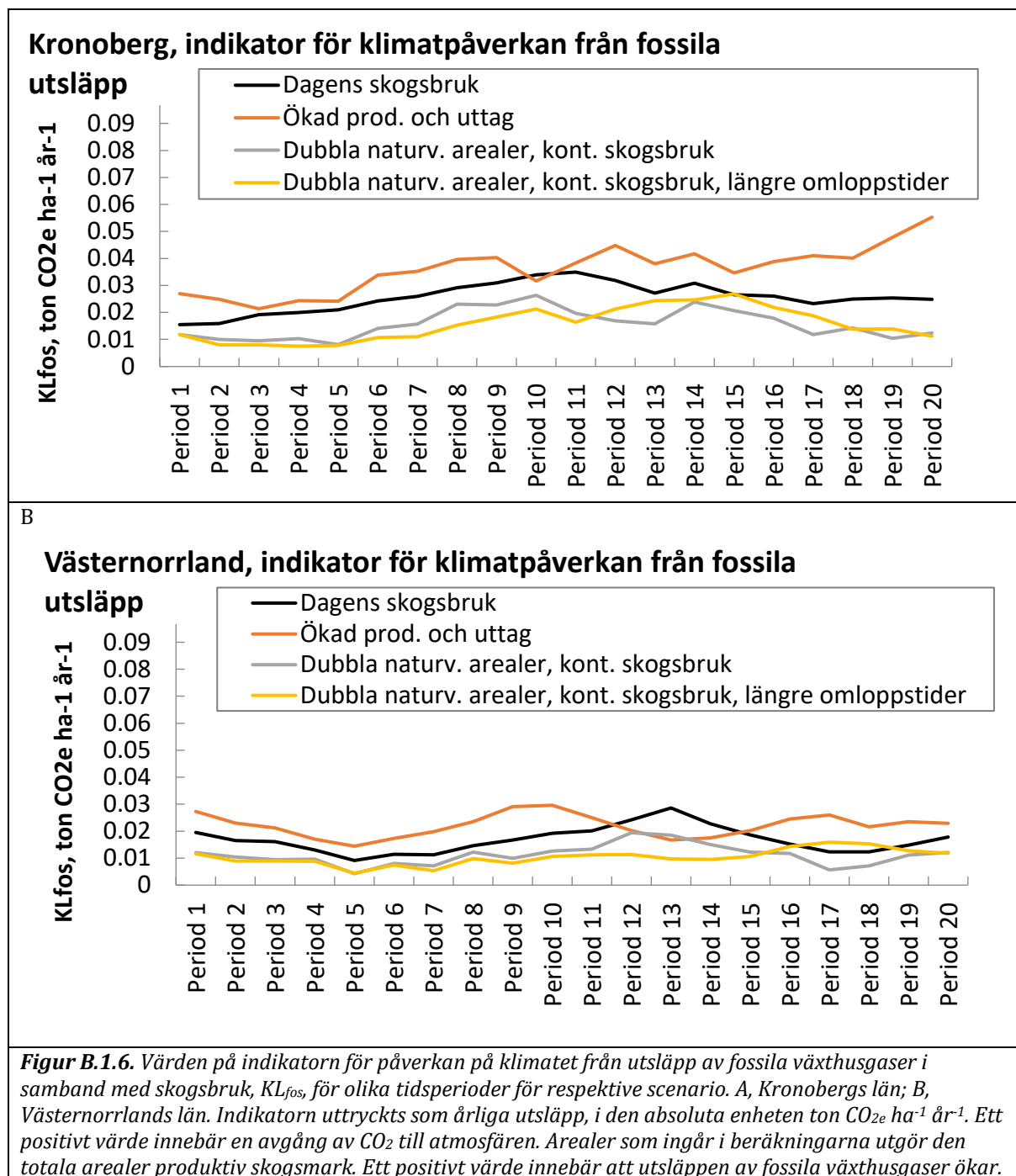




B.1.5 Påverkan på klimatet från fossila utsläpp

I Figur B.1.6 visas resultaten för länsvis beräkningar av absolutvärden för indikatorn för påverkan på klimatet från fossila utsläpp i samband med skogsbruk, KL_{fos} , för de olika scenarierna. I Tabell B.1.6 visas de ackumulerade värdena för absolutvärden för indikatorn för fossil klimatpåverkan, KL_{fos} , för de olika scenarierna över 100 år.

A

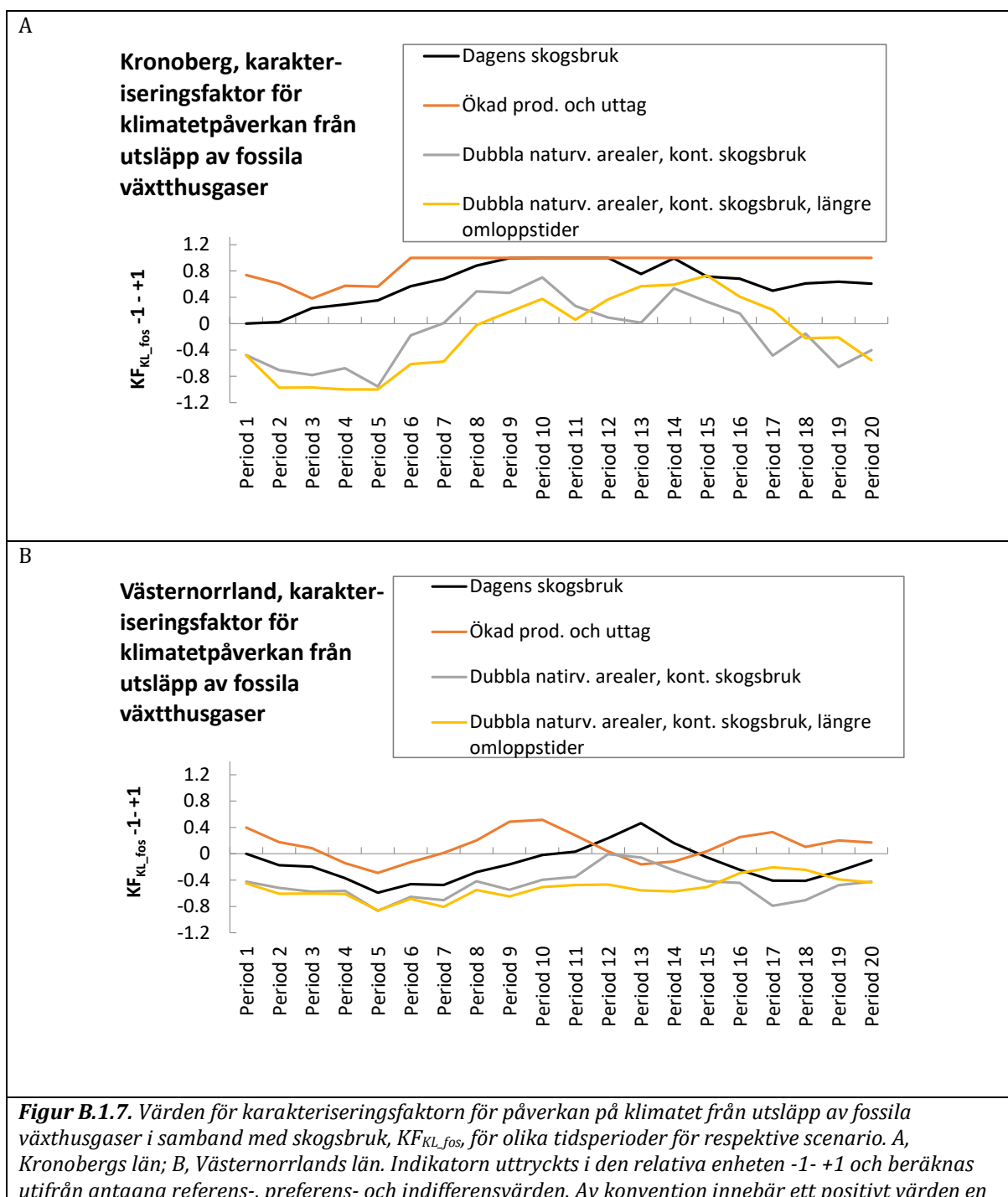


Tabell B.1.6. Beräknade värden för indikatorn för klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk, som summerade värden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet ton CO₂e ha⁻¹ (100 år)⁻¹. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark. Ett positivt värde visar en avgång av CO₂ till atmosfären.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-
--	------------------	--------------------------------	----------------------------------	---

			kontinuitets- skogsbruk	skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	2.56	3.61	1.57	1.56
Västernorrland	1.67	2.20	1.11	1.03

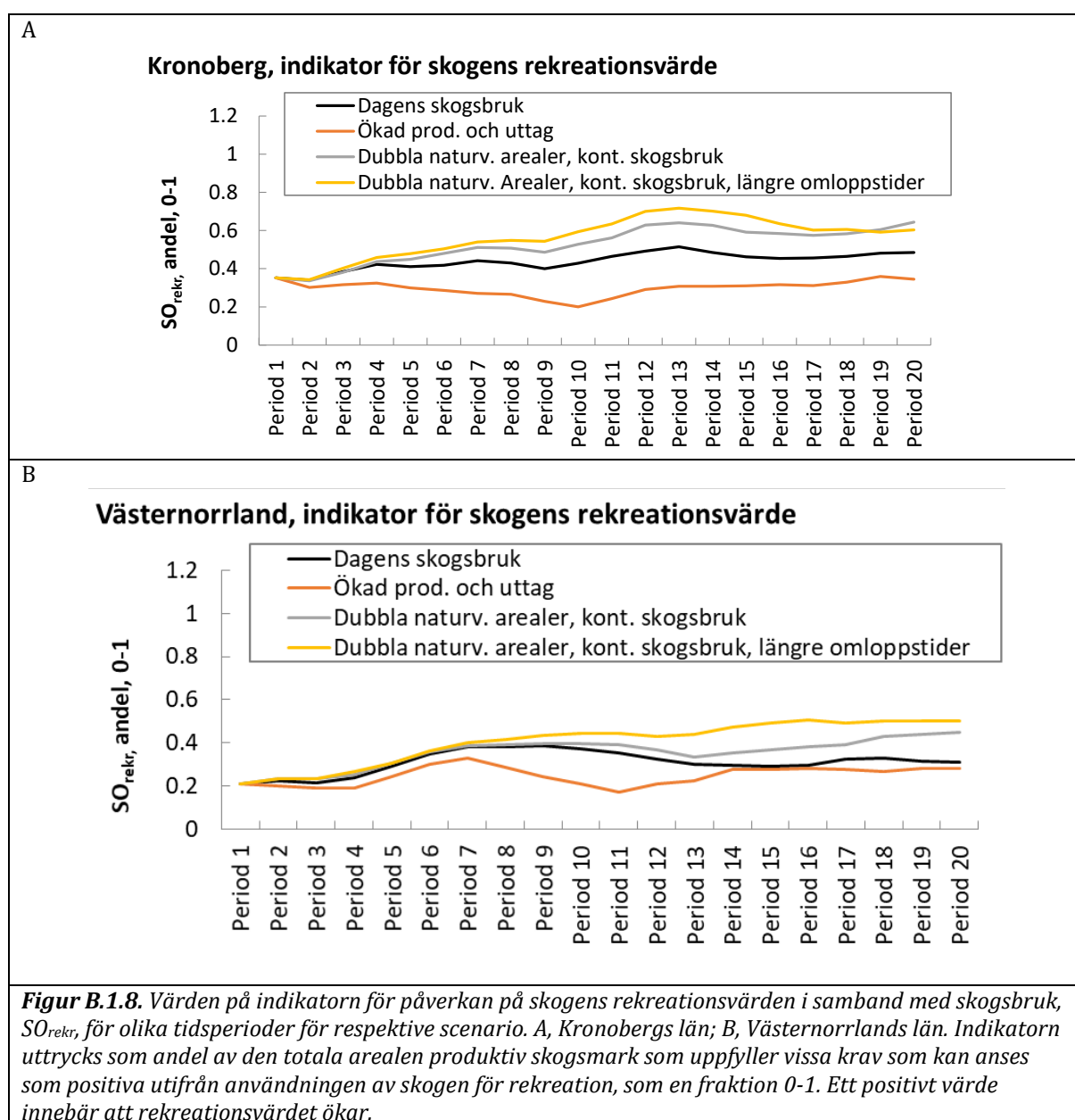
Karakteriseringsfaktorerna för klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser från skogsbruk visas i Figur B.1.7 för de olika scenarierna och tidsperioderna.



negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan på biologisk mångfald, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde används att utsläppen reduceras till 10 % av referensvärdet medan som indifferens används att utsläppen ökar till dubbla referensvärdet.

B.1.6 Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens rekreativvärde

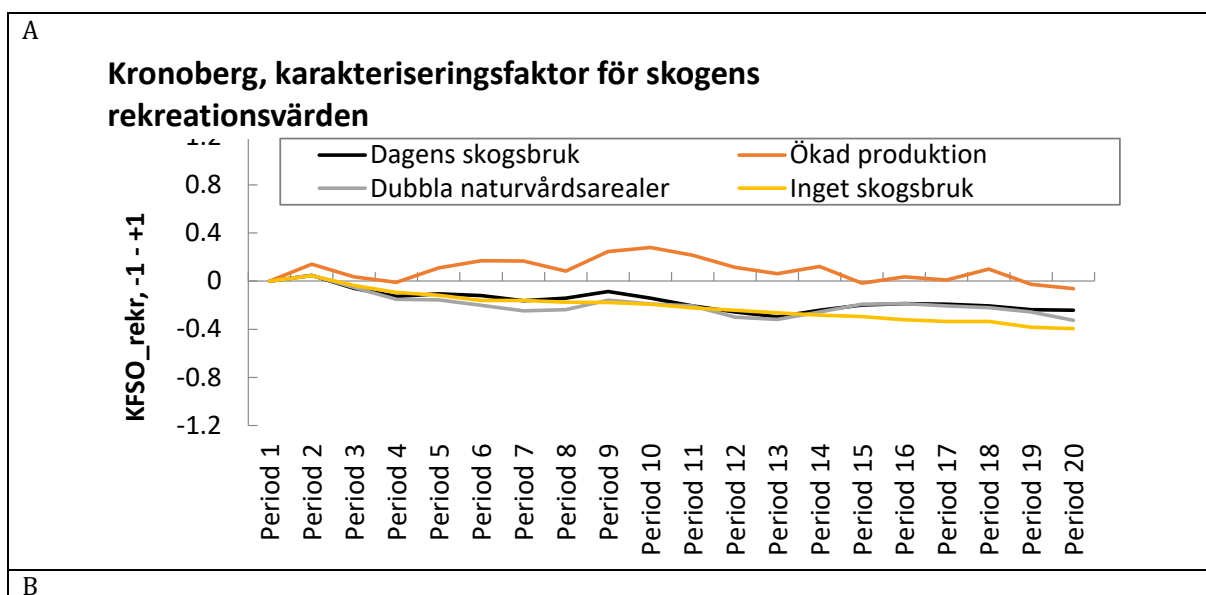
I Figur B.1.8 visas tidsutvecklingen för resultaten för länsvis beräkningar av relativa värden för indikatorn för påverkan på skogens rekreativvärden i samband med skogsbruk, SO_{rekr} , för de olika scenarierna. I Tabell B.1.7 visas de medelvärdena för indikatorn för rekreativvärdet, för de olika scenarierna över 100 år.

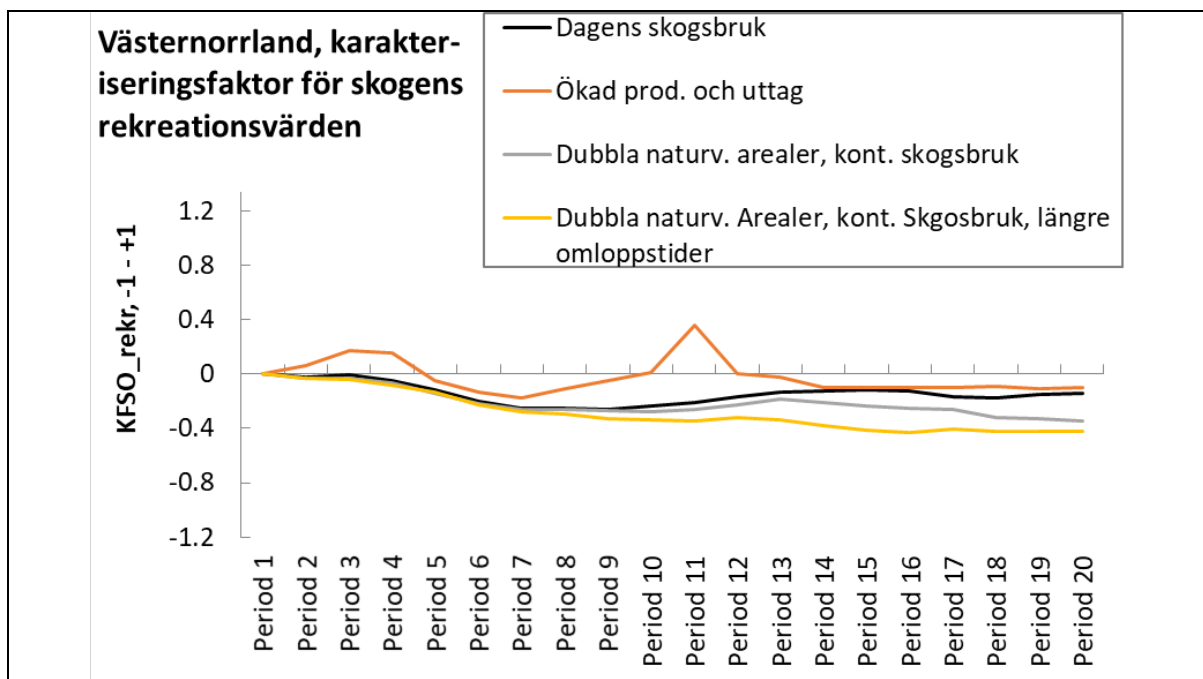


Tabell B.1.7. Beräknade värden för indikatorn för påverkan på skogens rekreativvärde i samband med skogsbruk, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet fraktion 0-1. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	0.40	0.27	0.53	0.56
Västernorrland	0.31	0.25	0.35	0.40

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för påverkan på rekreativvärden visas i Figur B.1.9.





Figur B.1.9 Värden för karakteriseringsfaktorn för påverkan på skogens rekreativvärden, KF_{SO_rekr} , för olika tidsperioder för respektive scenario. A, Kronobergs län; B, Västernorrlands län. Karakteriseringsfaktorn uttrycks i den relativa enheten -1- +1 och beräknas utifrån antagna referens-, preferens- och indifferensvärden. Av konvention innebär ett positivt värden en negativ inverkan utifrån ett hållbarhetsperspektiv och vice versa. Ett positivt värde indikerar således en negativ inverkan på biologisk mångfald, relativt ett referensvärde. Referensvärdet är i detta fall värdet för "Dagens skogsbruk", period 1. Som preferensvärde ($KF_{SO_rekr} = -1$) har antagits att 90 % av den totala arealen produktionsmark uppfyller satta krav för rekreativvärde. Som indifferensvärde ($KF_{SO_rekr} = +1$) har antagits att endast 10 % av den totala arealen produktionsmark uppfyller satta krav.

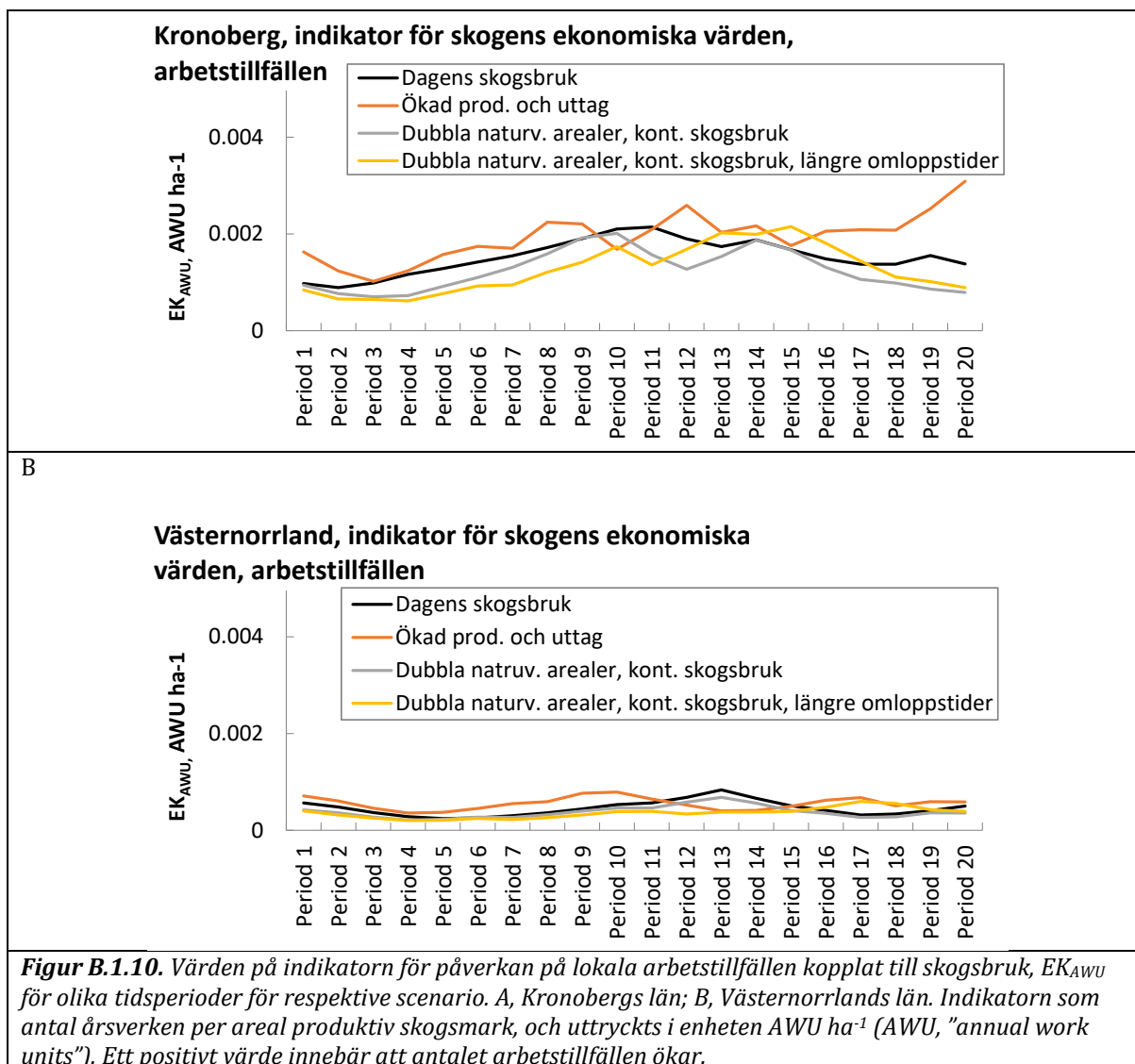
B.1.8 Indikator för skogsbrukets påverkan på skogens ekonomiska värden

För skogsbrukets påverkan på ekonomiska värden används i denna pilotstudie två olika indikatorer; 1, arbetstillfällen som kan kopplas till skogsbruket lokalt i länet; 2, skogsägarens nettointäkt.

B.1.8.1 Skogens ekonomiska värden, arbetstillfällen

I Figur B.1.10 visas tidsutvecklingen för resultaten för länsvis beräkningar av indikatorn för antalen lokala arbetstillfällen som kan kopplas till skogsbruk, EK_{AWU} , för de olika scenarierna. I Tabell B.1.8 visas medelvärdena för indikatorn för arbetstillfällen, för de olika scenarierna över 100 år. Antalet årsverken (AWU) har beräknats totalt för länet för respektive period och scenario utifrån respektive total årlig avverkning och sedan dividerats med länets totala real av produktiv skogsmark, vilket ger ett periodvis värde $AWU ha^{-1}$.

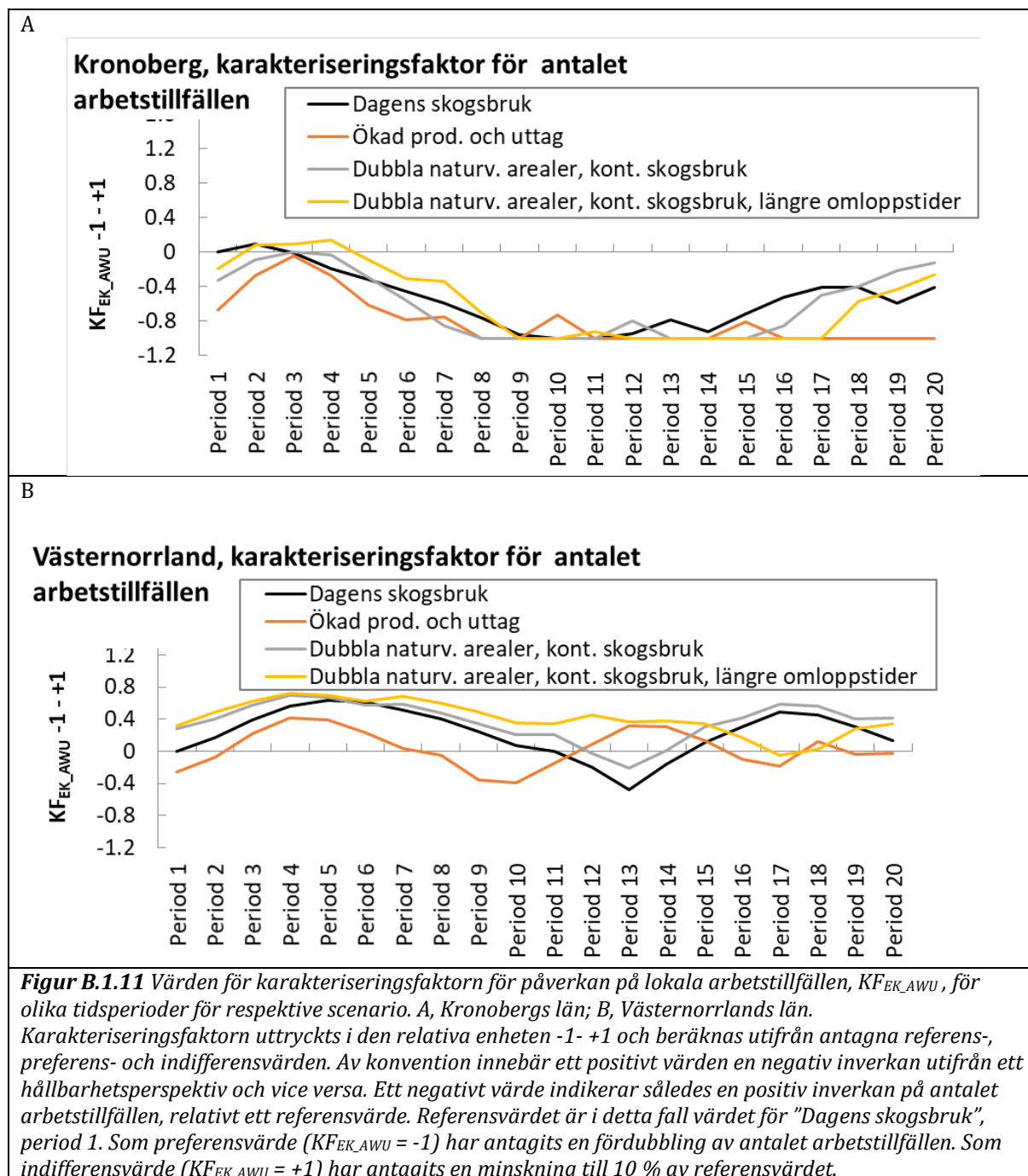
A



Tabell B.1.8. Beräknade värden för indikatorn för antalet lokala arbetstillfällen per areal produktiv skogsmark som kan kopplas till skogsbruk, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet årsverken (AWU) ha^{-1} . Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

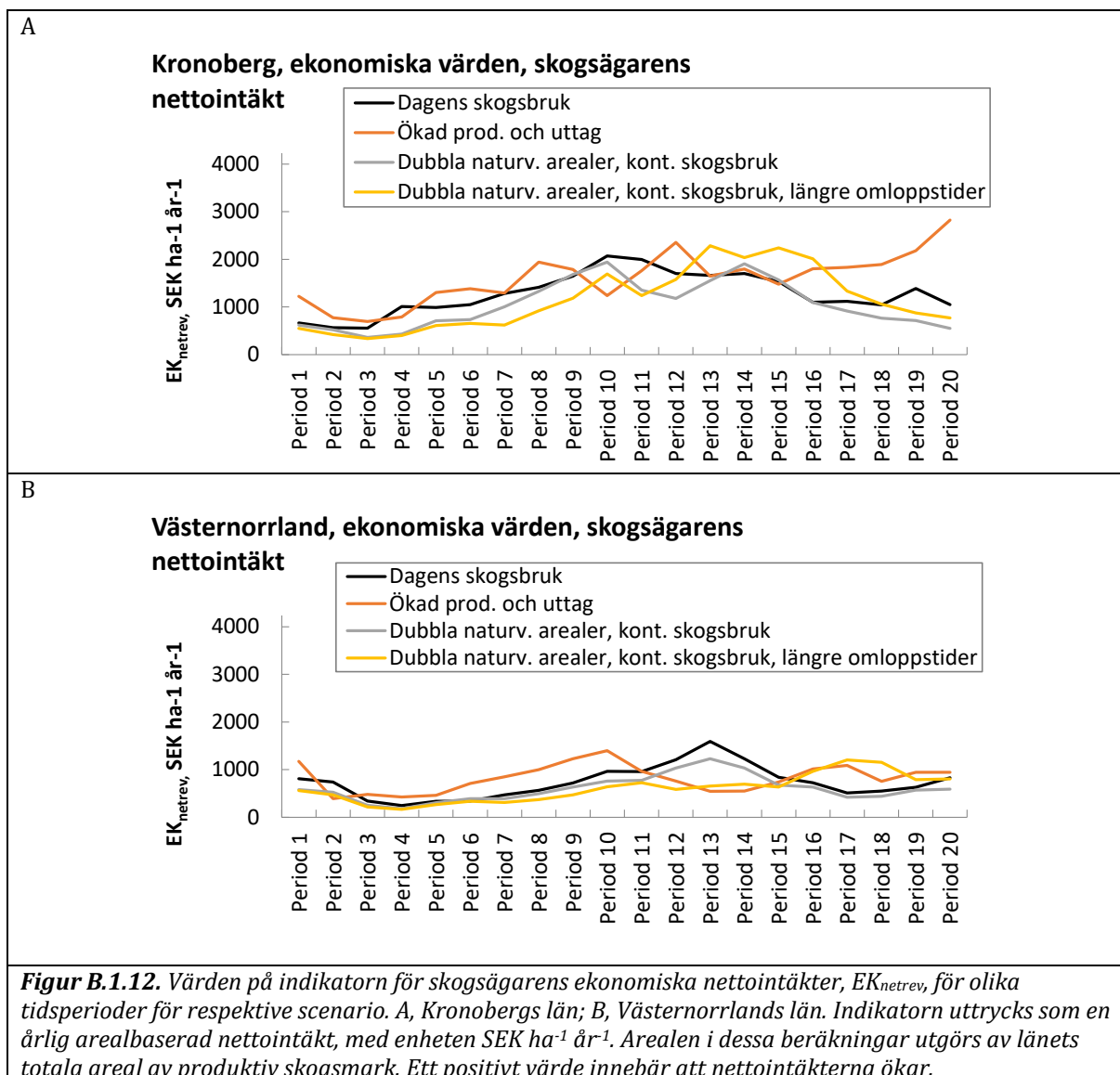
	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	0.0015	0.0019	0.0012	0.0013
Västernorrland	0.00045	0.00056	0.00038	0.00036

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för påverkan på antalet arbetstillfällen visas i Figur B.1.11 för de olika scenarierna och tidsperioderna.



B.1.8.2 Skogens ekonomiska värden, skogsägaren nettointäkt

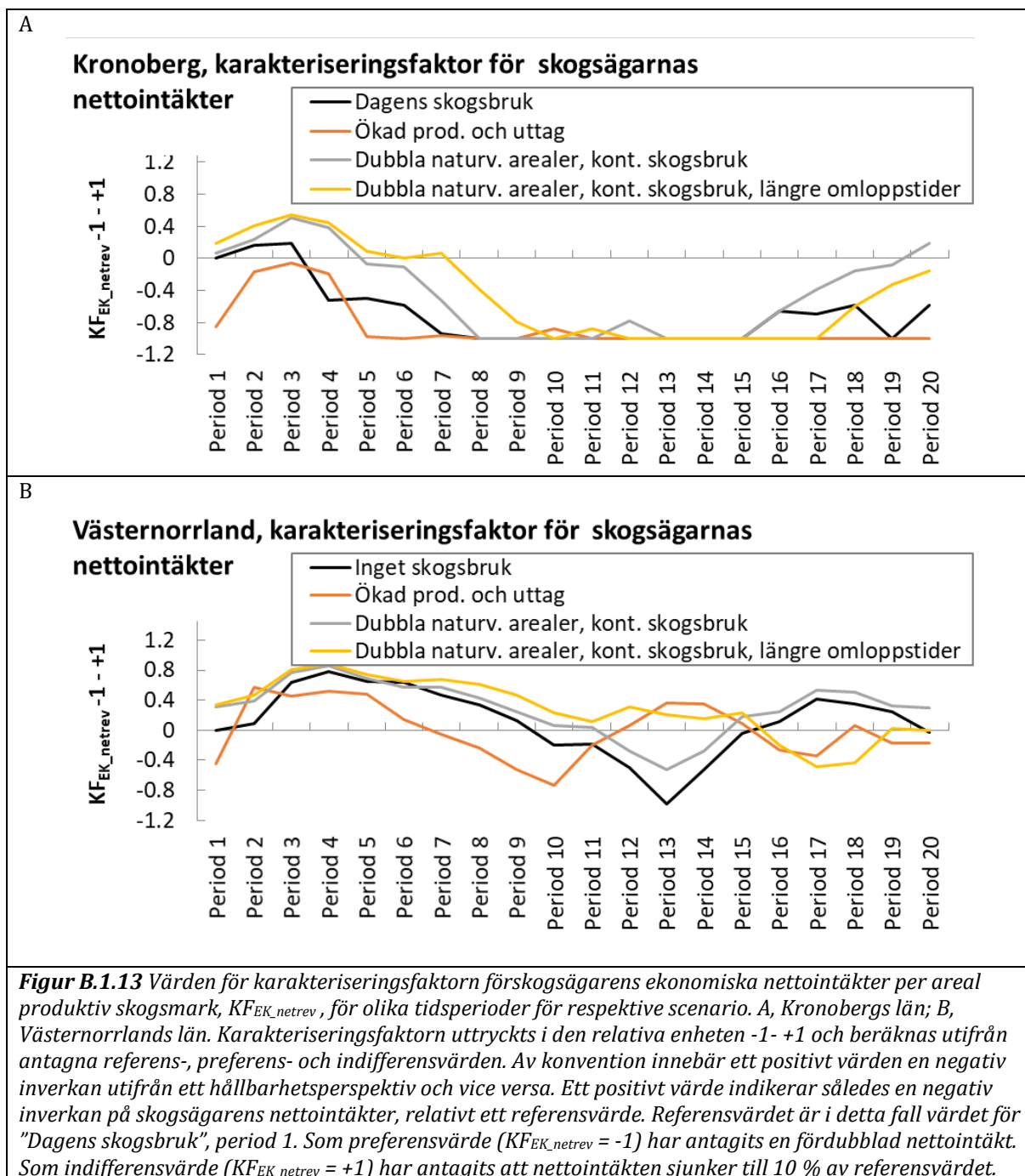
I Figur B.1.12 visas tidsutvecklingen för länsvis beräkningar av indikatorn för skogsägarens årliga nettointäkter, EK_{netrev} , för de fyra olika scenarierna. I Tabell B.1.9 visas medelvärdena för indikatorn för nettointäkter, för de fyra olika scenarierna över 100 år.



Tabell B.1.9. Beräknade värden för indikatorn för skogsägarens årliga nettointäkter per areal produktiv skogsmark, som medelvärden över alla de tjugo femårsperioderna, 100 år, för respektive scenario och län. Enhet $SEK\ ha^{-1}\ år^{-1}$. Arealen som används för beräkningarna är länets totala areal av produktiv skogsmark.

	Dagens skogsbruk	Ökad produktion och ökat uttag	Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitets-skogsbruk	Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitets-skogsbruk och förlängda omloppstider
Kronoberg	1276	1599	1045	1140
Västernorrland	729	820	594	600

Tidsutvecklingen för karakteriseringsfaktorn för skogsägarens nettointäkter visas i Figur B.1.13.



Bilaga 2. Uttag från skogen (alla scenarier)

Tabell B2.1. Procentuell förändring i uttag från skogen för olika scenarier jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Kronobergs län.

	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7
Massaved	+28%	+15%	-13%	-19%	-24%
Sågtimmer	+41%	+35%	-13%	-17%	-12%
Skogsrester	+29%	+339%	-15%	-57%	-55%

Tabell B2.2. Procentuell förändring i uttag från skogen för olika scenarier jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Västernorrlands län.

	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7
Massaved	+32%	+20%	-14%	-16%	-22%
Sågtimmer	+37%	+24%	-11%	-18%	-20%
Skogsrester	+52%	+498%	-13%	-86%	-87%

Bilaga 3. Produkter (BioMapp)

Tabell B.3.1. Tabell över förändring i mängd producerade skogliga produkter för olika scenarion, jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Kronobergs län.

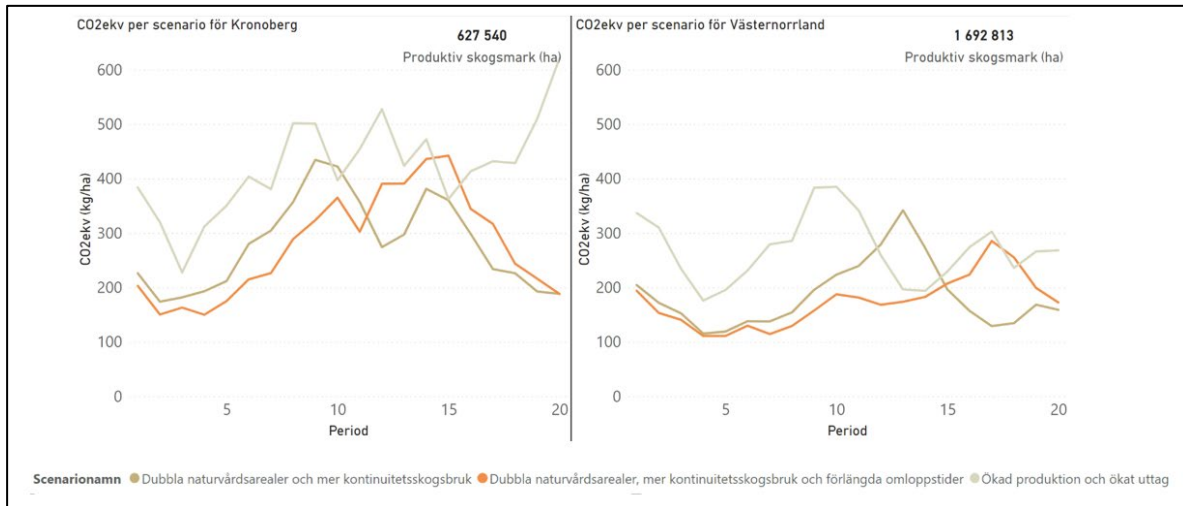
	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7
Skogsrester	+29%	+339%	-15%	-57%	-55%
Kutterspån	+41%	+35%	-13%	-17%	-12%
Plywood	+26%	+20%	-11%	-17%	-11%
Trävaror till försäljning (övriga)	+41%	+35%	-13%	-17%	-12%
Sågad trävaror - Export	+41%	+35%	-13%	-17%	-12%
Träpellets	+41%	+35%	-13%	-18%	-12%
Förpackningskartong	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Förpackningspapper	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Mjukpapper	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Tidningspapper	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Tryckpapper	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Wellpapp	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Destillerad Tallolja	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
HVO	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%
Etanol (för vidareförädling)	+31%	+20%	-13%	-19%	-21%

Tabell B.3.2. Tabell över förändring i mängd producerade skogliga produkter för olika scenarion, jämfört mot Scenario 2 - Dagens Skogsbruk. Västernorrlands län.

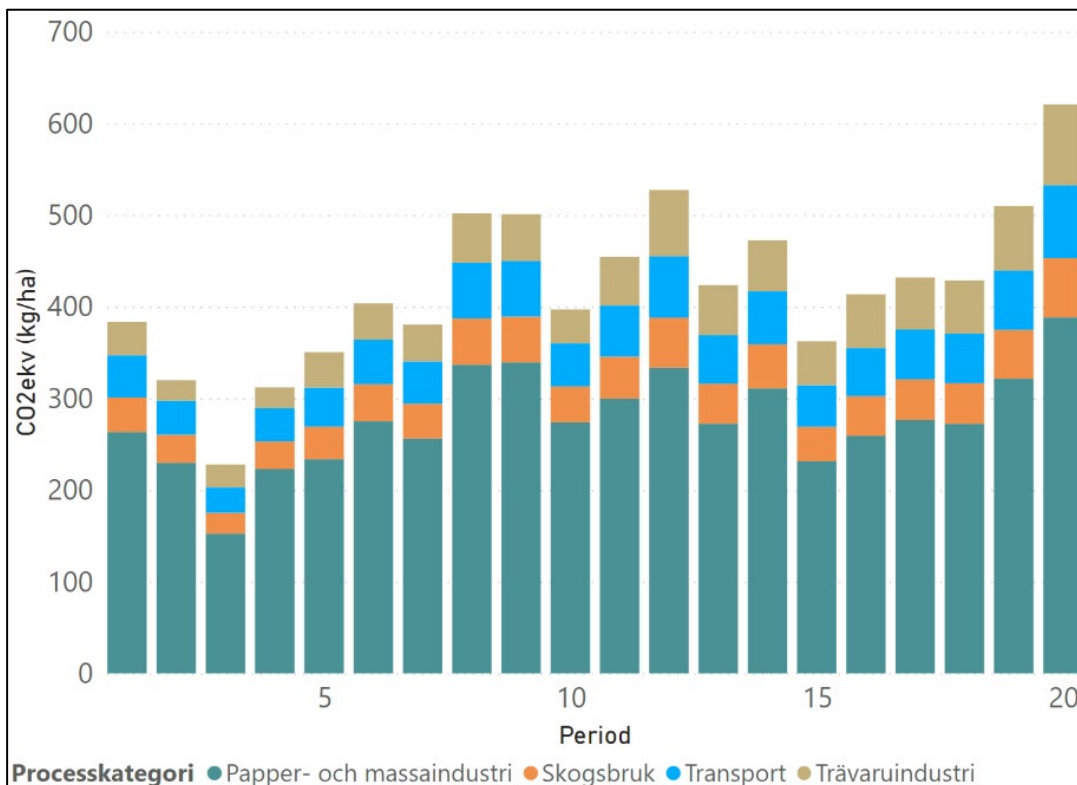
	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7
Skogsrester	+52%	+498%	-13%	-86%	-87%
Kutterspån	+37%	+24%	-11%	-18%	-20%
Plywood	+131%	+105%	+45%	+26%	+29%
Trävaror till försäljning (övriga)	+37%	+24%	-11%	-18%	-20%
Sågad trävaror - Export	+37%	+24%	-11%	-18%	-20%
Träpellets	+37%	+24%	-11%	-18%	-20%
Förpackningskartong	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Förpackningspapper	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Mjukpapper	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Tidningspapper	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Tryckpapper	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Wellpapp	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Destillerad Tallolja	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
HVO	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%
Etanol (för vidareförädling)	+33%	+21%	-13%	-17%	-22%

Bilaga 4. Resultat klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser

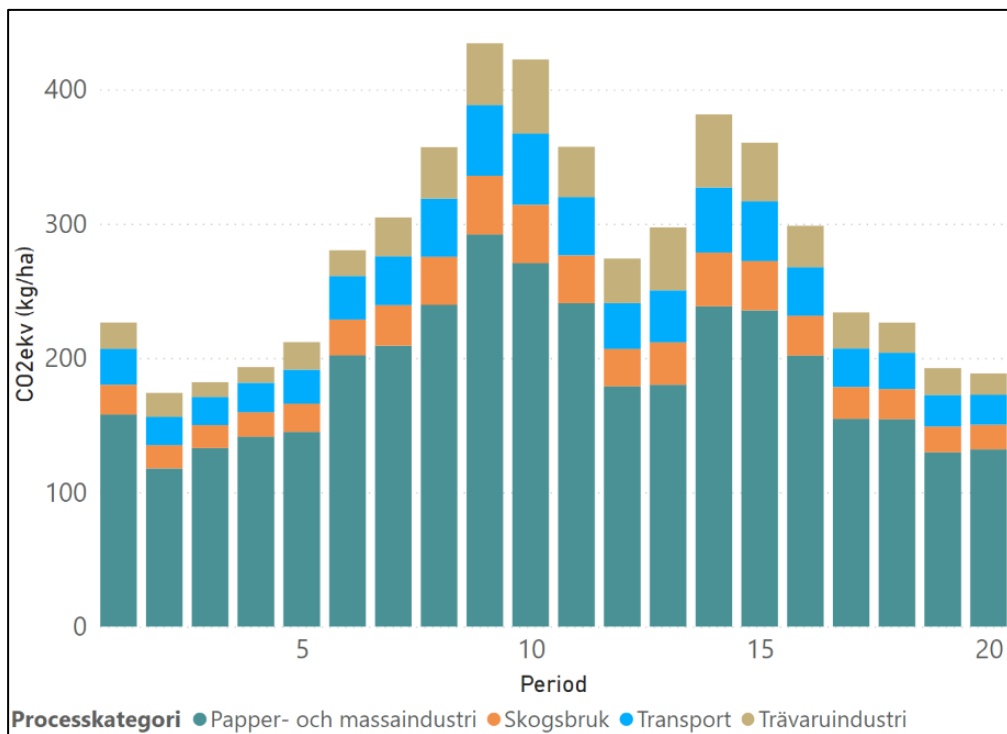
Detta appendix innehåller resultat för resterande scenarier som inte tas upp i kapitel 5.2.3.



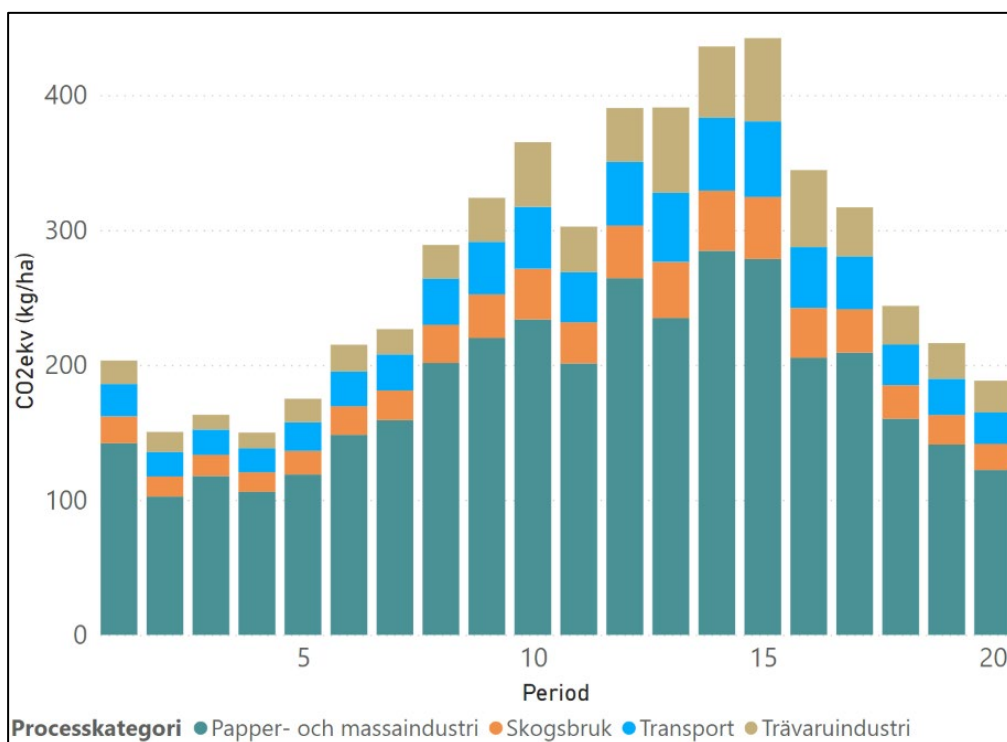
Figur B4.1. Årlig klimatpåverkan som resultat av avverkning av skog och andra skogsbruksåtgärder samt produktion av skogsbaserade produkter, uttryckt i koldioxidekvivalenter per hektar och år. Till vänster för Kronobergs län och höger Västernorrland med tre scenarion representerade.



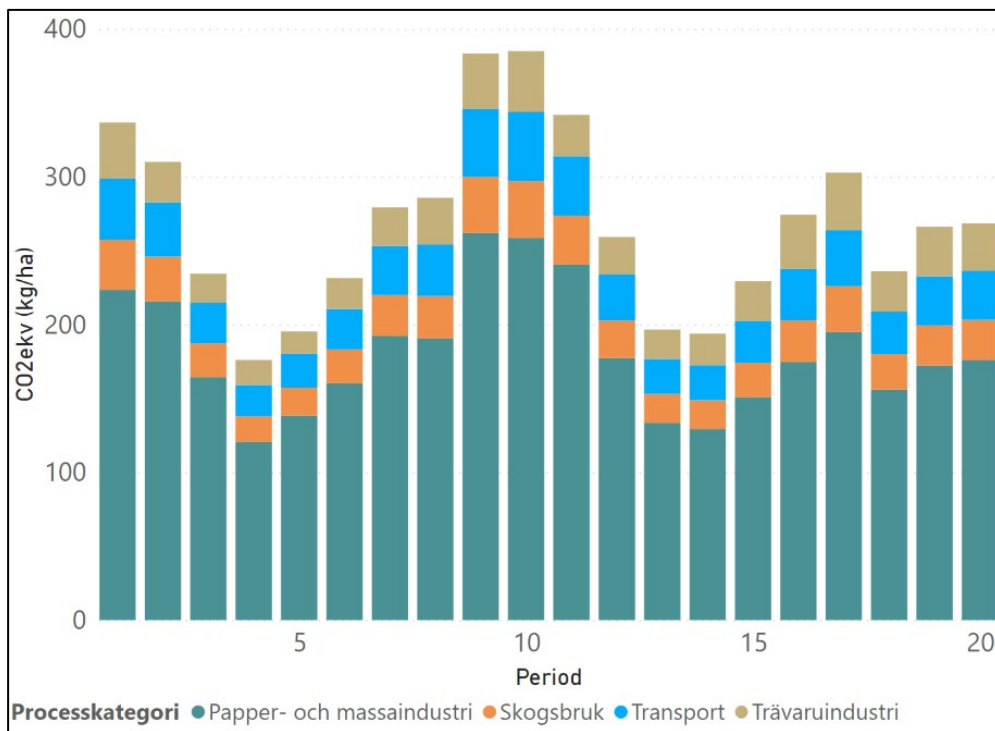
Figur B.4.2. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 4 Ökad produktion och ökat uttag. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



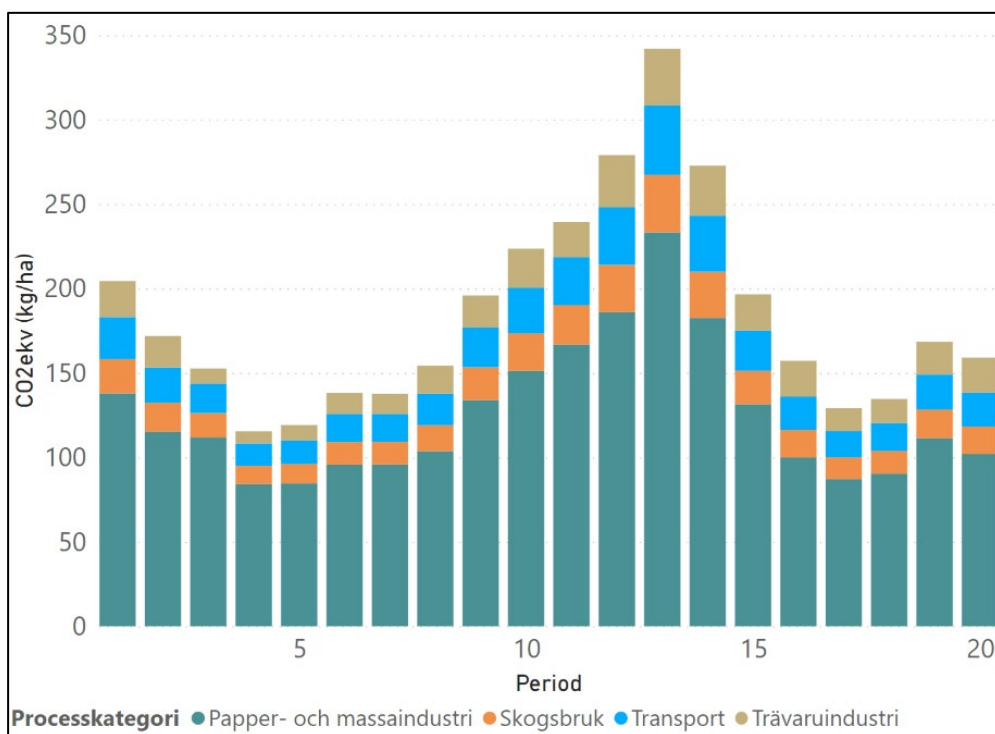
Figur B.4.3. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 6 Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



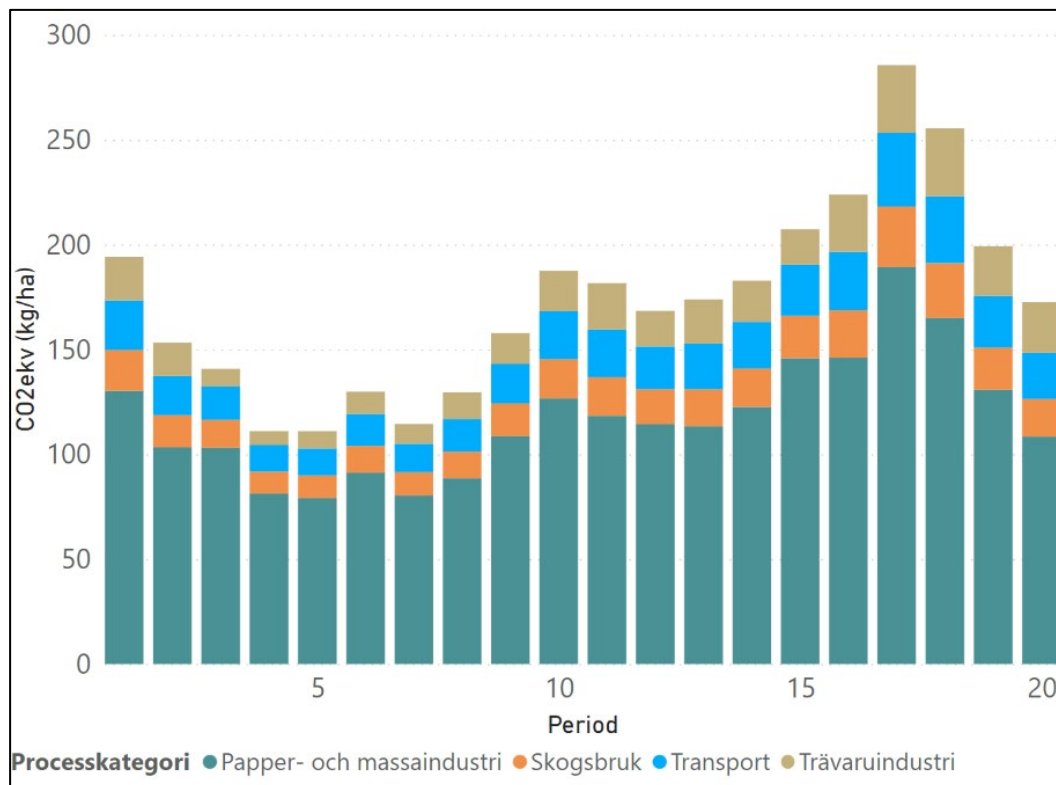
Figur B.4.4. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 7 Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



Figur B.4.5. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Västernorrlands län, scenario 4 Ökad produktion och ökat uttag. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



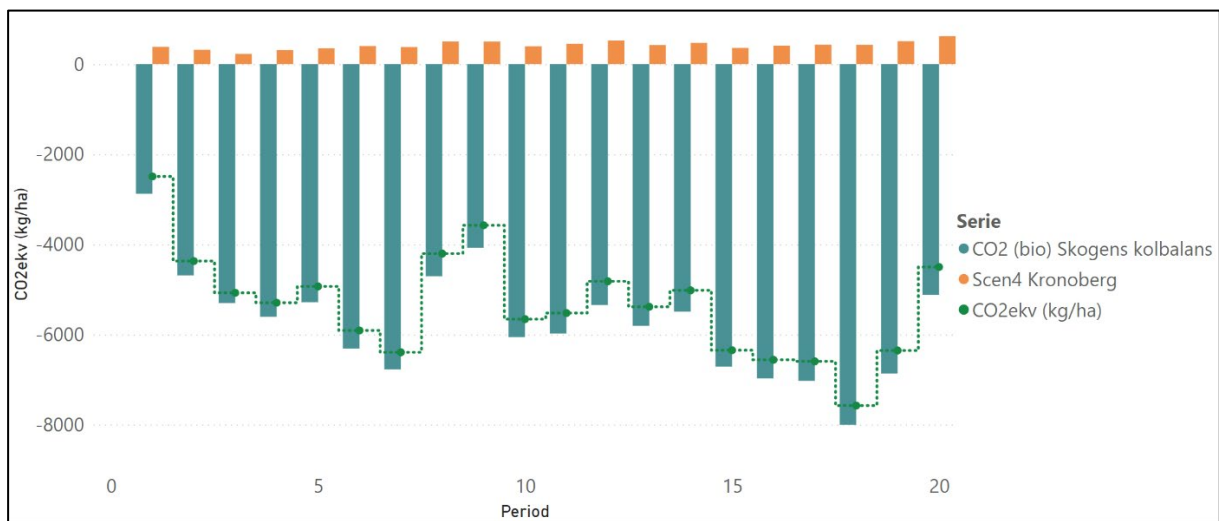
Figur B.4.6. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Västernorrlands län, scenario 6 Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.



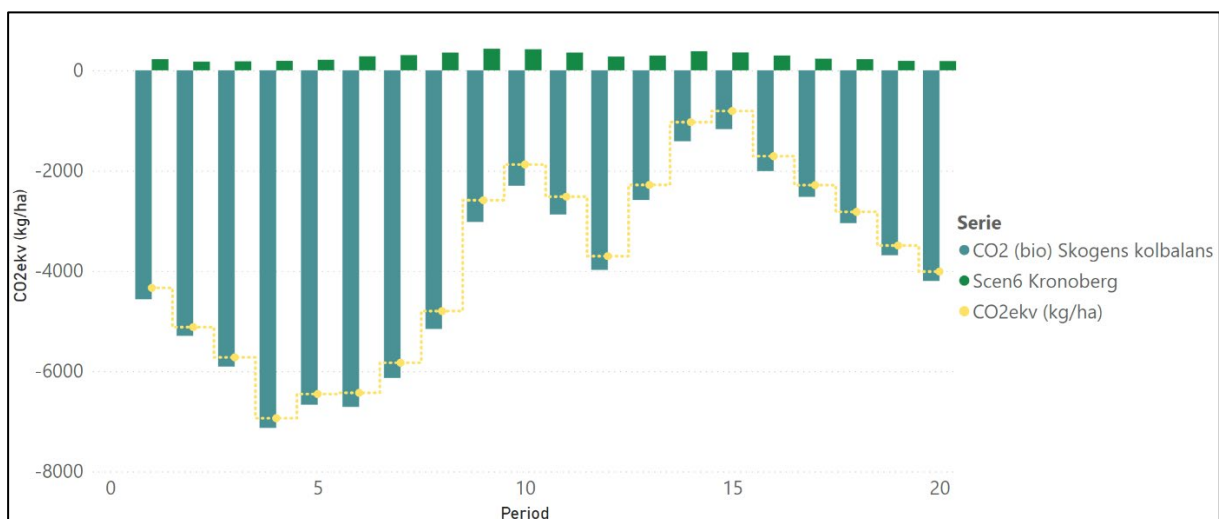
Figur B.4.7. Årlig klimatpåverkan från utsläpp av fossila växthusgaser per sektor för Kronobergs län, scenario 7 Dubbla naturvårdsarealer, mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider. Årsvisa resultat inom 20 simulerade 5-årsperioder, relativt länets areal av produktiv skogsmark.

Bilaga 5. Balans av växthusgaser över hela den skogsindustriella värdekedjan

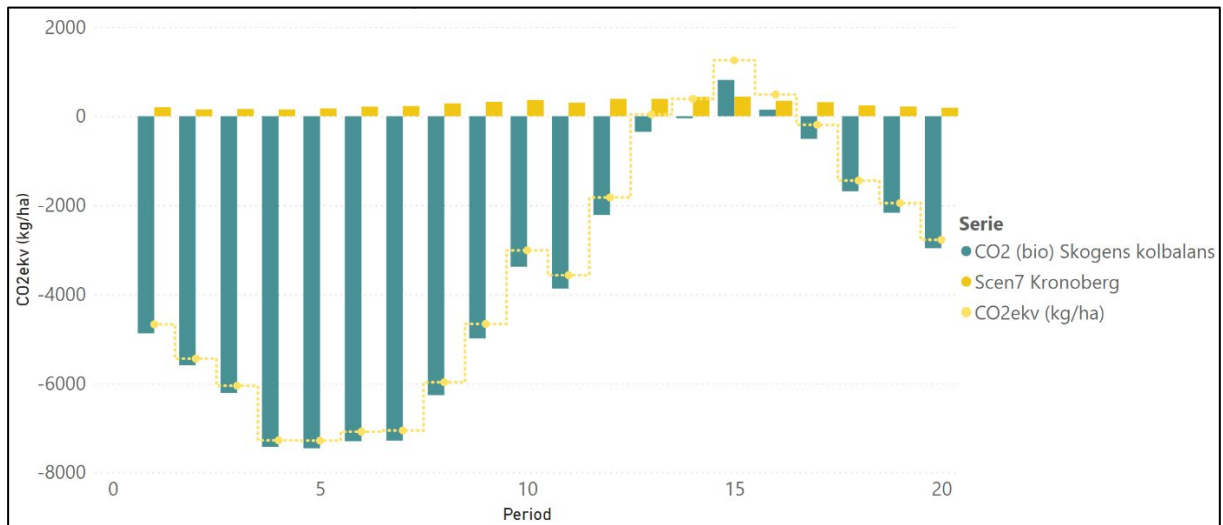
Detta appendix innehåller resultat för resterande scenarier som inte beskrivs i kapitel 5.4.



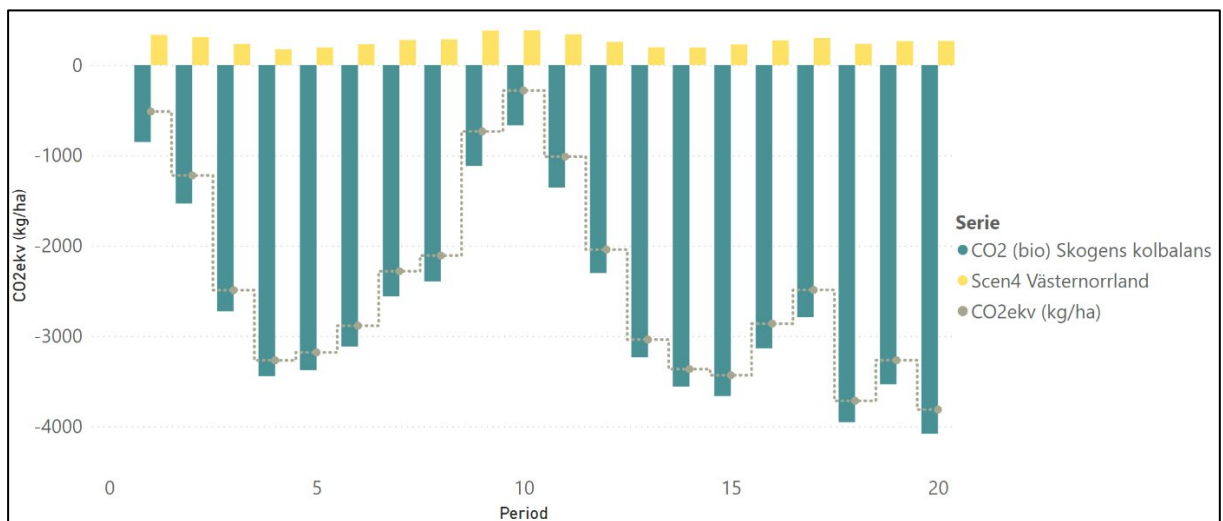
Figur B.5.1. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 4 - Ökad produktion och ökat uttag, Kronobergs län.



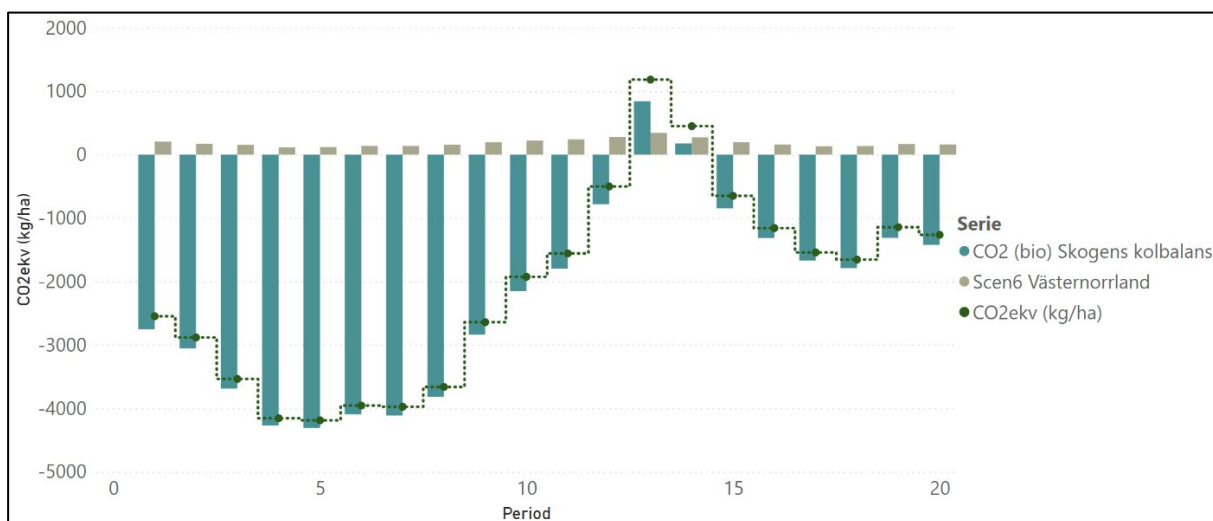
Figur B.5.2. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 6 - Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk, Kronobergs län.



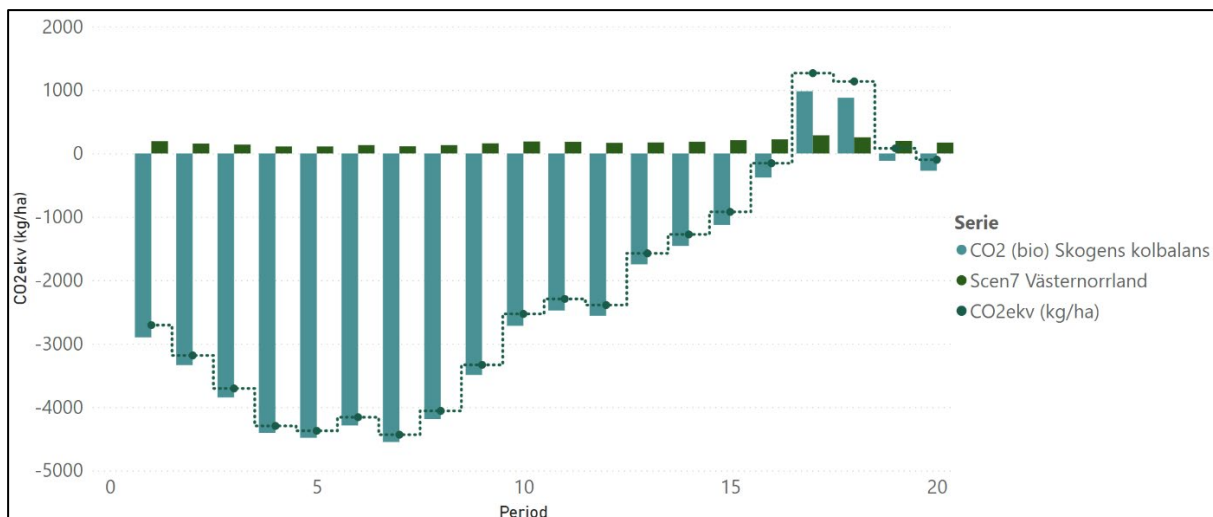
Figur B.5.3. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenari 7 - Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider, Kronobergs län.



Figur B.5.4. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenari 4 - Ökad produktion och ökat uttag, Västernorrlands län.



Figur B.5.5. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 6 - Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk, Västernorrlands län.



Figur B.5.6. Värdekedjans klimatpåverkande utsläpp från användning av fossila resurser i relation till skogens kolbalans. Streckad linje är beräknad årsvis nettoeffekt. Scenario 7 - Dubbla naturvårdsarealer och mer kontinuitetsskogsbruk och förlängda omloppstider, Västernorrlands län.