

# Indikatorer för hållbarhetsbedömningar av svenskt skogsbruk

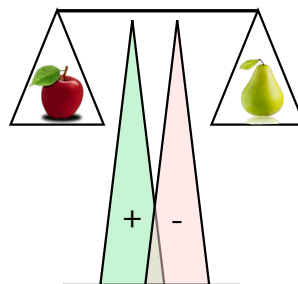
PER ERIK KARLSSON, ESKIL MATTSSON, ÅSA NILSSON, MARTIN ERLANDSSON (IVL)

HAMPUS HOLMSTRÖM (SLU)

Leverabel D3.3.1 från Mistra Digital Forest

Rapporten som har tagits fram inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest, WP3, beskriver syften, applikationer, underlag och ställningstaganden som ligger till grund för förslag till indikatorer att användas för hållbarhetsbedömningar av produktionen av skogsråvara inom svenskt skogsbruk.

Sustainable forestry scenarios



Communication, decisionmaking

## Innehåll

Kort sammanfattning .....	5
Utförlig sammanfattning .....	6
1. Övergripande principer för hållbarhetsindikatorer för svenskt skogsbruk .....	17
1.1 Inledning.....	17
1.2 Syften och applikationer.....	18
1.3. Systemavgränsningar .....	19
1.4 Referensscenarier, numeriska avgränsningar och relation till producerad råvara.....	20
1.5 En stegvis procedur för beräkningar .....	21
1.6 Datakällor.....	22
1.7. Relationer till andra system för hållbarhetsbedömningar, regelverk och initiativ.....	23
2. Indikatorer för biologisk mångfald .....	24
2.1 Syften och avgränsningar.....	24
2.2 Inledning.....	24
2.3 Grundläggande metodik .....	25
2.4. Översiktlig beskrivning av respektive ingående indikatorer.....	25
2.5 Samlad beskrivning av grundläggande metodik för att beräkna indikatorerna .....	26
2.5.1 Indikator 1, miljöhänsyn vid avverkning.....	26
2.5.2. Indikator 2, arealer gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald.....	26
2.6 Beräkning av karakteriserings- och påverkansfaktor .....	28
2.6.1 Hur sätts referenssituationen? .....	28
2.6.2 Hur sätts preferens och indifferensvärden? .....	28
2.6.3 Beräkning av karakteriseringsfaktor .....	28
2.6.4 Beräkning av påverkansfaktor.....	28
2.7. Datakällor och uppföljning .....	28
2.8. Ytterligare aspekter .....	29
3. Indikatorer för påverkan på klimatet .....	29
3.1 Syften och avgränsningar.....	29
3.2 Inledning och bakgrund .....	30
3.2.1 Globala och europeiska perspektiv.....	30
3.2.2 Kolförråden i Sveriges skogar .....	31
3.3. Grundläggande metodik .....	35

3.3.1. Grundläggande principer och metodik .....	35
3.3.2. Balanser för biogena växthusgaser .....	35
3.3.3 Samlad beskrivning av metodik för biogen klimatpåverkan från skogsbruket .....	37
3.3.4. Utsläpp av fossila växthusgaser .....	38
3.4. Karakteriseringsfaktor .....	39
3.4. Påverkansfaktor .....	40
3.5 Databehov för beräkningar av kolinnehåll (och växthusgasbalanser) för olika förråd i skogsekosystemen .....	40
3.6. Relationer till andra förslag till indikatorer för klimatpåverkan från skogsbruk .....	40
3.6.1 Skogforsk arbetsrapport 2021 .....	40
4. Sociala indikatorer .....	41
4.1. Syften och avgränsningar .....	41
4.2. Inledning .....	41
4.3. Skogens sociala värden .....	41
4.4. Nationella lagar och initiativ .....	43
4.5 Exempel på sociala indikatorer i verktyg och modeller .....	44
4.5.1 Miljömålet Levande Skogar .....	44
4.5.2 Certifieringssystem .....	45
4.5.3 ToSIA .....	45
4.5.4. Rekreationsindex - Heureka .....	45
4.5.5 Hyggesfritt skogsbruk .....	45
4.6. Detaljerade förslag till indikatorer för skogens sociala värden .....	46
4.7 Beräkning av karakteriseringsfaktor .....	47
4.7.1 Hur sätts referenssituationen? .....	47
4.7.2 Hur sätts preferens och indifferensvärden? .....	47
4.7.3 Beräkning av karakteriseringsfaktor .....	47
4.8 Påverkansfaktor .....	47
5. Ekonomiska indikatorer .....	47
5.1. Syften och avgränsningar .....	47
5.2. Inledning .....	48
5.3. Skogens ekonomiska värden .....	48
5.4. Exempel på ekonomiska indikatorer i befintliga verktyg och modeller .....	48
5.4.1 ToSIA .....	48
5.4.2 Forest Europe .....	49
5.5. Detaljerade förslag till indikatorer för skogens ekonomiska värden .....	49

6. Referenser .....	51
Bilaga 1. Detaljerad beskrivning av beräkningar av kolinnehåll i olika förråd i skogsekosystemen .....	56
Bilaga 2. En detaljerad beskrivning av databehov för att beräkningar av kolinnehåll (och växthusgasbalanser) för olika förråd i skogsekosystemen utifrån en processbaserad metodik .....	63
Bilaga 3. Exempel på sociala indikatorer i befintliga verktyg och modeller .....	65
Bilaga 4. Exempel på ekonomiska indikatorer i befintliga verktyg och modeller .....	66

Fotograf för fotografier på sidorna 16, 23, 28, 40 och 46 är Per Erik Karlsson.

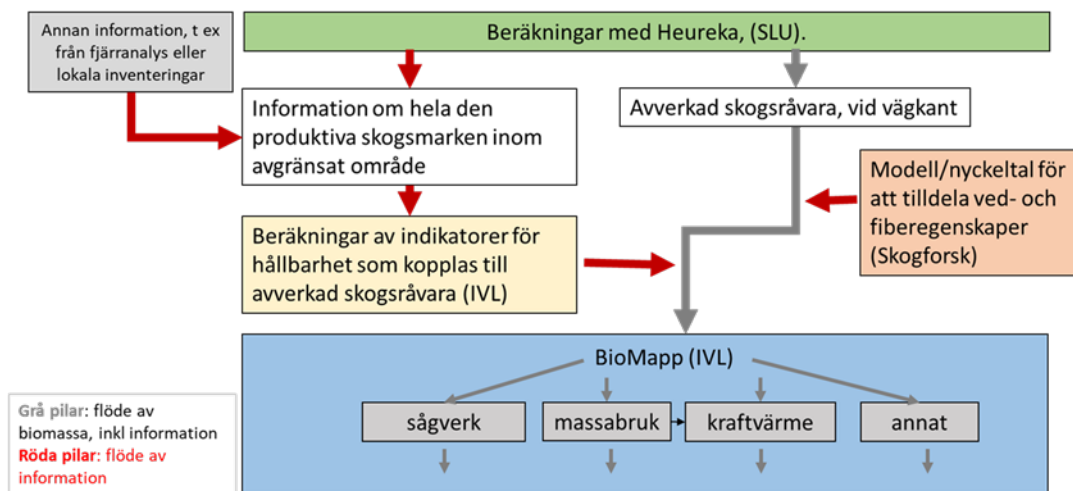
## **Kort sammanfattning**

Rapporten har tagits fram inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest som finansieras av Mistra och leds av Skogsindustrierna. IVL deltar i programmet, i samarbete med SLU och Skogforsk, med att beskriva och visualisera alternativa, framtida scenarier för produktion och användning av skogsråvara, för dagens och framtidens skogsbruk, med ett hållbarhetsperspektiv, främst baserat på visualiseringsverktyget BioMapp. Framtagning av metodik för att beräkna hållbarhetsindikatorer för svensk skoglig sektor utgör en viktig verksamhet. Metoder har tagits fram för att beräkna fyra olika typer av hållbarhetsindikatorer: 1. Påverkan på biologisk mångfald; 2. Påverkan på klimat, uppdelat på fossilt och biogent ursprung; 3. Sociala aspekter, såsom skogens rekreativvärden; 4. Ekonomiska aspekter, såsom antal arbetstillfällen, skogsbrukarens ekonomiska intäkter, samt nationalekonomiska aspekter. Dessa vitt skilda hållbarhetsindikatorer behöver kunna jämföras och vägas mot varandra. Metodik beskrivs för att överföra indikatorerna till en jämförbar, relativ skala, baserat på referensscenarier. Indikatorerna behöver också kunna knytas till storleken på arealen som används för produktion av skogsråvara samt hur mycket skogsråvara som produceras på denna areal.

## Utförlig sammanfattning

Arbetet inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetspaketet WP3, syftar övergripande till att beskriva och visualisera alternativa, framtida scenarier för produktion och användning av skogsråvara, för dagens och framtidens skogsbruk, med ett hållbarhetsperspektiv. Framtagning av metodik för att tillämpa indikatorer för hållbarhet för svensk skoglig sektor utgör en viktig verksamhet. Vitt skilda aspekter kring hållbarhet behöver kunna kvantifieras, jämföras och kopplas till produktionen av skogsråvara samt dess produkter.

I denna rapport beskrivs förslag till tillvägagångssätt för att med hjälp av indikatorer beskriva påverkan av olika aspekter kring hållbarhet för svenskt skogsbruk. Föreslagen metodik är att betrakta som ett flexibelt ramverk, där metodiken är avsedd att löpande revideras allt eftersom ny kunskap blir tillgänglig. Indikatorerna är främst avsedda att användas inom ramen för visualiseringsverktyget BioMapp, Figur S1. Så långt som möjligt har vi även strävat efter att indikatorerna skall kunna användas i ett produktperspektiv, inom till exempel livscykelanalys, LCA.



Figur S1. En illustration av BioMapp, ett verktyg för visualisering av råvaruflöden genom alternativa skogliga värdekedjor. I figuren illustreras dataflöden från Heureka till BioMapp samt koppling till indikatorer. Grå pilar illustrerar flödet av skogsråvara mellan Heureka och BioMapp, med tillhörande information från Heureka. Röda pilar illustrerar övriga informationsflöden.

Visualiseringsverktyget BioMapp utvecklas inom Mistra Digital Forest för att kunna understödja visualiseringen av utvalda hållbarhetsaspekter för olika alternativ för råvaruflöden i ett framtida skogsbruk, i kombination med nya, såväl som befintliga, produktionsprocesser inom de skogliga värdekedjorna. BioMapp har utvecklats för att kunna

kombineras med simuleringsverktyget Heureka PlanVis, som SLU utvecklat för analyser av framtida skogsbruk och skogstillstånd.

Metoder har tagits fram för att beräkna fyra olika typer av hållbarhetsindikatorer:

1. Påverkan på biologisk mångfald; 2. Påverkan på klimat, uppdelat på fossilt och biogent ursprung; 3. Sociala aspekter, såsom skogens rekreativvärden; 4. Ekonomiska aspekter, såsom antal arbetstillfällen, skogsbrukarens ekonomiska intäkter, samt nationalekonomiska aspekter.

Denna rapport omfattar indikatorer för skogsbruk. Avgränsningen görs vid upplagring av avverkad skogsråvara vid väggkant. Inom programmet kommer motsvarande indikatorer, där det är relevant, att tas fram även för resterande delar av de skogliga värdekedjorna.

Indikatorerna är avsedda att appliceras på stora skogsområden på landskapsnivå. Systemgränsen för beräkningar av indikatorerna utgörs av den enskilde skogsbrukarens hela innehav av produktiv skogsmark och knyter inte an till enskilda, avverkade bestånd. Positiva och negativa hållbarhetsaspekter allokeras jämnt över en viss skogsbrukares hela volym av producerad skogsråvara under en viss tidsperiod. Vid beräkningar gällande skogsråvara med ursprung från större områden, vägs de ingående skogsbrukarnas volymer av producerad skogsråvara utifrån beräknade värden för respektive skogsbrukares hållbarhetsindikatorer. Analyser bör göras över tidsperioder som kortast 4-5 år och som längst 20 år, men bör för tydlighets skull där så är lämpligt uttryckas som en årlig påverkan. I vissa fall kan det vara lämpligt att beakta längre tidsperioder.

Indikatorvärden är i slutändan avsedda att summeras genom hela den skogliga värdekedjan. Vitt skilda hållbarhetsindikatorer behöver kunna jämföras och vägas mot varandra. De behöver därför kunna överföras till en jämförbar skala. Indikatorerna behöver också kunna knytas till storleken på arealen som används för produktion av skogsråvara samt hur mycket skogsråvara som produceras på denna areal, det vill säga produktiviteten.

Beräkningarna av de olika indikatorerna görs enligt en stegvis procedur:

1. En grundläggande metodik används för att beräkna påverkan vad gäller en viss hållbarhetsindikator, HI, i absoluta mått. Denna metodik och de enheter som används kan vara olika för olika aspekter av hållbarhet.
2. 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 LCA indikerar ett positivt värde på KF en negativ påverkan på denna aspekt av hållbarhet.
3. 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.

För att överföra ett grundläggande värde för en viss HI till en gemensam skala för KF används referensscenarier samt preferens- och indifferensvärden. Ett nollvärde på den gemensamma, relativa skalan baseras på ett referensscenario som beräknas utifrån nuvarande, genomsnittliga tillstånd för den specifika aspekten av hållbarhet på regional nivå. För de flesta indikatorer används genomsnittliga värden för det län där den huvudsakliga andelen av skogsbrukarens produktiva skog är belägen. För biogen klimatpåverkan används istället en beräknad, länsvis andel av vad som kallas "Forest Reference Level", FRL. FRL utgör en nivå som Sverige gentemot EU har angett som en "normalnivå" för den årliga ökningen av kolförråden i de svenska skogarna. För stora skogsägare kan separata beräkningar göras länsvis.

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. 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".

Karakteriseringsfaktorer förslogs tidigare beräknas utifrån följande grundläggande ekvation (Mattsson m. fl., 2021):

$$KF_{HI} = (HI_{\text{referens}} / HI_{\text{skogsbrukare}}) - 1 \quad (S1)$$

$KF_{HI}$ , Karakteriseringsfaktor för en viss hållbarhetsaspekt, HI.

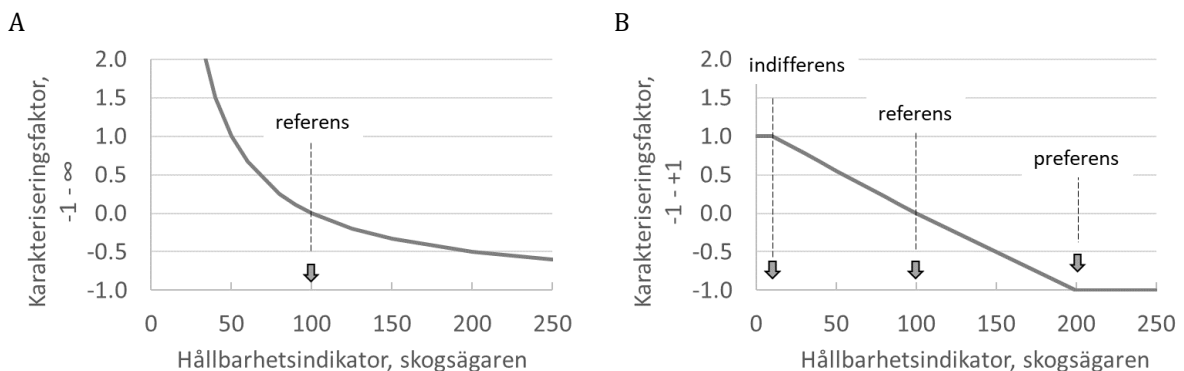
HI, Hållbarhetsindikator i absoluta mått för en viss aspekt av hållbarhet.



$HI_{\text{skogsbrukare}}$ , hållbarhetsindikator i absoluta mått, beräknat för en viss skogsägare.

$HI_{\text{referens}}$ , hållbarhetsindikator i absoluta mått, beräknat som regionalt referensvärde för till exempel ett län.

Det beräknade värdet för den karakteriseringsfaktor som beräknas utifrån ekvationen S1 går mot oändligheten när  $HI_{\text{skogsbrukare}}$  blir avsevärt lägre jämfört med  $HI_{\text{referens}}$ , och går mot ett värde -1 när  $HI_{\text{skogsbrukare}}$  blir avsevärt högre jämfört med  $HI_{\text{referens}}$ , vilket illustreras i Figur S2A. Denna ekvation lämpar sig därför dåligt för att anpassa till en målsättning att begränsa de beräknade karakteriseringsfaktorerna till värden mellan -1 och +1.



**Figur S2.** Illustration av beräknade värden för karakteriseringsfaktorer (KF) på en normaliserad skala, utgående från godtyckligt beräknade absolutvärden för en viss fiktiv hållbarhetsindikator för en viss skogsbrukare och baserat på ett regionalt referensscenario samt preferens- och indifferensvärden. Som referensvärde är antaget ett värde 100, vilket indikeras med en vertikal streckad linje. A, Beräknade värden baserat på den grundläggande ekvationen S1; B, Beräknade värden baserat på en alternativ linjär funktion som resulterar i beräknade värden mellan -1 och +1, i sin tur baserat på antagna värden för indifferens (=10) och preferens (=200).

Som ett alternativ till ekvationen S1 föreslår vi därför en kombination av ekvationer som utvecklar sig linjärt mellan ett värde +1 vid det antagna indifferensvärdet, ett värde noll vid referensvärdet och slutligen ett värde -1 vid det antagna preferensvärdet.

Denna kombination av ekvationer får följande generella utformning:

För  $HI < \text{indifferensvärdet (indiff.)}$  är  $KF = 1$ ; För  $HI > \text{preferensvärdet (pref.)}$  är  $KF = -1$ ; För  $\text{indiff.} < HI < \text{ref.}$  gäller att  $KF = (\text{ref.} - HI) / (\text{ref.} - \text{indiff.})$ ; För  $\text{ref.} < HI < \text{pref.}$  gäller att  $KF = (\text{ref.} - HI) / (\text{pref.} - \text{ref.})$  (S2)

Denna kombination av ekvationer kan som ett exempel illustreras i Figur S2B, baserat på fiktivt antagna värden för referens, 100, för indifferens, 10, och för preferens, 200. Ekvationerna behöver inte vara linjära, men KF måste bli noll när HI=referensvärdet.

Påverkansfaktorer, PF, beräknas enligt:

$$PF_{HI} = KF_{HI} / Prod_{skogsbrukare} \quad (S3)$$

där

$PF_{HI}$ , Påverkansfaktor för en viss hållbarhetsaspekt, HI.

$KF_{HI}$ , Karakteriseringsfaktor för en viss hållbarhetsaspekt, HI.

$Prod_{skogsbrukare}$ , Skogsbrukarens produktivitet,  $m^3sk\ ha^{-1}$ .

En skogsbrukare som producerar mer skogsråvara med en viss areal virkesproduktionsskog får en lägre påverkansfaktor allokerad per producerad skogsråvara. En skogsbrukare som använder en större areal för produktionen av en viss mängd skogsråvara får ett högre värde för påverkansfaktorn, eftersom det då är en större areal som är påverkad av den specifika skogsbrukarens skogsbruk.

### Indikatorer för påverkan på biologisk mångfald

Förslaget bygger på två typer av indikatorer för påverkan på biologisk mångfald som avses att användas gemensamt.

**Indikator 1** skall beskriva i vilken utsträckning miljöhänsyn tas i samband med avverkning (gallring och föryngringsavverkning) inom dagens skogsbruk. Denna indikator är av karaktären att kriteriet uppfylls eller ej. Bedömningen grundar sig på om skogsbrukaren i nuläget uppfyller ett urval av relevanta krav inom antingen certifiering enligt FSC, princip 6, eller certifiering enligt PEFC, kapitel 5.

**Indikator 2** avser att beskriva strukturen hos skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark i dagsläget, alternativt vid framtida scenarier, i relation till vad som kan anses gynna utvecklingen av biologisk mångfald. Arealer som uppfyller vissa kriterier summeras och sätts i relation till skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark. Indikatorn antar ett värde mellan 0 och 1. Såväl arealer för virkesproduktion som arealer avsatta för andra ändamål kan inräknas i summeringen, under förutsättning att de uppfyller krav baserat på någon av nedanstående kriterier.

- Areal skogsmark undantagen från virkesproduktion, enligt FSC/PEFC
- Areal med gammal skog
- Areal med död ved
- Areal med grova träd
- Areal med äldre lövrik skog
- Areal som drivs med hyggesfritt skogsbruk

Kriterier för definitioner av ovanstående typer av arealer utgår från de indikatorer som används för uppföljning av miljökvalitetsmålet Levande skogar. Olika typer av arealer kan viktas utifrån till exempel ambitionen vad gäller skötsel, enligt en tregradig skala, genom att arealen i fråga multipliceras med en viktningsfaktor,  $f_x$ .

Indikator 2 benämns BM och beräknas baserat på arealer som kan anses gynna biologisk mångfald, enligt:

$$BM = (\sum (A_1 * f_x, A_2 * f_x, A_3 * f_x, \dots)) / A_{tot} \quad (S4)$$

där

BM, grundläggande indikatorvärde för påverkan på biologisk mångfald, (dimensionslös, 0-1)

$A_i$ , olika arealer som kan anses gynna utvecklingen av biologisk mångfald (ha)

$f_x$ , viktningsfaktorer satta att värdera olika arealer som kan gynna utvecklingen av biologisk mångfald utifrån skötselambitioner, dessa kan anta tre olika värden,  $f_1$ ,  $f_2$ , och  $f_3$ , beroende på ambitionen i skötsel av arealen (dimensionslös)

$A_{tot}$ , skogsbrukarens totala areal produktiv skogsmark (ha)

För indikatorn för påverkan på biologisk mångfald föreslår vi att referensscenariot utgörs av ett värde för BM, beräknat som ett medelvärde för de samlade produktiva skogarna i länet. Vi ser i nuläget inga logiska värden för preferens- och indifferensvärden för påverkan från skogsbruk på biologisk mångfald. Vi föreslår därför, som en tillfällig lösning för att illustrera metodiken, att som preferensvärde används ett värde som är dubbelt så högt som det länsvisa referensscenariot. Motsvarande för indifferensvärdet föreslår vi ett tillfälligt värde som är 10% av det länsvisa referensscenariot.

En karakteriseringsfaktor för påverkan från skogsbruk på biologisk mångfald ( $KF_{BM}$ ) beräknas enligt ekvationerna S2 ovan. Påverkansfaktorn ( $PF_{BM}$ ) beräknas i enlighet med ekvation S3 ovan.

### Indikatorer för påverkan på klimat

Skogsbruket påverkar klimatet på flera olika sätt. Ett är givetvis utsläpp av koldioxid,  $CO_2$ , från användning av fossila bränslen i samband med skogsbruksåtgärder. Denna delindikator benämns  $KL_{fos}$ . Påverkan på klimatet som har ett biogent ursprung beräknas utifrån förändringar av de samlade kolförråden i skogsekosystemen. Denna delindikator benämner vi  $KL_{bio}$ . Skogsbrukets totala klimatpåverkan,  $KL_{tot}$  utgörs således av  $KL_{fos} + KL_{bio}$ . Upptag från atmosfären har ett negativt tecken, utsläpp till atmosfären har ett positivt tecken och beräknas med en absolut enhet,  $ton\ CO_{2e}\ ha^{-1}\ år^{-1}$ . Inom livscykelanalys väljer man vanligtvis att redovisa beräkningar för  $KL_{fos}$  och  $KL_{bio}$  separat, för såväl karakteriserings- som påverkansfaktorer.

#### *Biogen klimatpåverkan*

En indikator för den biogena, samlade årliga klimatpåverkan från skogsbruket inom skogsbrukarens hela areal av produktiv skog,  $KL_{bio}$ , beräknas som:

$$KL_{bio} = [(\Delta BC_L) + (\Delta BC_D) + (\Delta MC_{min}) + (\Delta MC_{org})] / A_{Prod} \quad (S5)$$

där

$KL_{bio}$  = indikator för biogen klimatpåverkan från skogsbruk i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog,  $ton\ CO_{2e}\ ha^{-1}\ år^{-1}$

$\Delta BC_L$  = årlig förändring av kolförrådet i den levande biomassen i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog, inklusive ovan och under jord,  $ton\ CO_{2e}\ år^{-1}$

$\Delta BC_D$  = årlig förändring av kolförrådet i den döda biomassen i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog, exklusive förna,  $ton\ CO_{2e}\ år^{-1}$

$\Delta MC_{min}$  årlig förändring av förrådet av markkol i mineraljorden i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog,  $ton\ CO_{2e}\ år^{-1}$ , inklusive förna, kan beräknas utifrån upprepade markinventeringar, alternativt utifrån emissionsfaktorer enligt:

$$\Delta MC_{min} = E_{min} * A_{min} \quad (S6)$$

$E_{\min}$  = Emissionsfaktor för årlig förändring i förråden av markkol i skogsmark på mineraljord, inklusive förna och det organiska jordlagret (O-horisonten), i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog, ton CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

$A_{\min}$  = areal av skogsmark på mineraljord, ha

$\Delta MC_{\text{org}}$  årlig förändring av förrådet av markkol i organogena jordar (skogsbeklädda torvmarker) i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog, inklusive förna, ton CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>, beräknas utifrån emissionsfaktorer enligt:

$$\Delta MC_{\text{org}} = (E_{\text{org1}} * A_{\text{org1}}) + (E_{\text{org2}} * A_{\text{org2}}) + (E_{\text{org3}} * A_{\text{org3}} \dots) \quad (S7)$$

$E_{\text{orgn}}$  = Emissionsfaktor för årlig förändring i förråden av markkol i skogsmark, inklusive förna, på organogena jordar i skogsbrukarens hela innehav av produktiv skog, ton CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

$A_{\text{orgn}}$  = areal av skogsmark på organogena jordar, ha

Där org<sub>n</sub> representerar olika klasser av dikade skogsmarker, baserat på omfattningen av dränering i befintliga diken samt återvätning genom igensatta diken. Klassningen baseras även på torvmarkernas näringsstatus samt geografiskt läge.

$A_{\text{Prod}}$  = skogsbrukarens hela areal av produktiv skog, ha.

### *Fossil klimatpåverkan*

För beräkning av utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk i absoluta värden,  $KL_{\text{fos}}$ , används den metodik som beskrivs inom Skogforsk arbetsrapport (Ågren m. fl., 2021). Även  $KL_{\text{fos}}$  relateras till skogsbrukarens hela areal av produktiv skog och beräknas med enheten ton CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

Karakteriseringsfaktorer för påverkan från skogsbruk på klimatet baserat på skogsbrukets fossila respektive biogena klimatpåverkan beräknas var för sig, enligt ekvationerna S2.

Som referensscenario vid beräkning av en karakteriseringsfaktor för skogsbrukets biogena påverkan på klimatet,  $KF_{\text{KLbio}}$ , föreslås den för Sverige antagna "Forest Reference Level", FRL. Den för Sverige antagna FRL som gäller för åren 2021–2025 är ett upptag från atmosfären till skogsekosystemen på 34,3 Mt CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>. Det nationella värdet för FRL fördelas länsvis baserat på de olika länens nuvarande årsvisa tillväxt.

För indikatorn för fossil klimatpåverkan från skogsbruk föreslår vi att referensscenariot baseras på länsvisa utsläpp av fossila växthusgaser som kan förknippas med

skogsbruksåtgärder, baserat på samma typ av beräkningar som görs för den enskilda skogsbrukaren, för det län där huvuddelen av skogsbrukarens skog är belägen.

Vi ser i nuläget inga logiska värden för preferens- och indifferensvärden för klimatpåverkan från skogsbruk. Liksom för påverkan på biologisk mångfald, föreslår vi därför, som en tillfällig lösning, att som preferensvärde används ett värde som är dubbelt så högt som det länsvisa referensscenariot. Motsvarande för indifferensvärdet föreslår vi ett tillfälligt värde som är 10% av det länsvisa referensscenariot.

Påverkansfaktorer beräknas separat för fossil,  $PF_{KLfos}$ , och biogen,  $PF_{KLbi}$ , påverkan i enlighet med ekvation S3.

#### Indikatorer för påverkan på sociala faktorer

Skogens sociala värden rör bland annat skogens betydelse för hälsa, välbefinnande och en god livsmiljö, fritidssupplevelser, friluftsliv och turism, mm. Människor upplever skogar med variation i struktur, skogstyp, och trädslag som mer attraktiv än enformig skog. Andra faktorer som bidrar positivt är god framkomlighet, genomsikt och trädens ålder, liksom lövinslag. Kalhyggen med död ved och högstubbar upplevs som oattraktiva inslag i skogslandskapet.

För att kunna beskriva status och förändringar av skogens sociala värden krävs att indikatorerna visar i vilken riktning de sociala värdena ändras i olika situationer till följd av skogsskötsel. Följande kriterier har valts ut som underlag för att beräkna påverkan från skogsbruk på sociala värden:

- Areal gles uppvuxen produktiv skog. I Heurekaanalyser, har gles skog definierats som skogsområden med träd där medelhöjden överstiger 10 meter och mindre än 1000 träd per hektar.
- Areal med trädslagsvariation. Variation av trädarter kan öka rekreativvärdet i skogen.
- Areal med trakthyggen. Sammanhängande trakthyggen över en viss storlek summeras. Jämfört med de två andra faktorerna ovan är areal med trakthyggen en negativ faktor då trakthyggen upplevs som oattraktiva inslag i skogslandskapet.

Utifrån kriterierna ovan kan indikatorn för sociala värden,  $SO$ , beskrivas enligt följande:

$$SO, (0-1) = (\sum (A_1, A_2, A_3, \dots)) / A_{prod} \quad (S8)$$

där

$A_i$  är arealer som uppfyller olika kriterier (ha)

$A_{prod}$  är skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark (ha)

Arealerna ovan kan dessutom multipliceras med faktor som tar hänsyn till rumsliga aspekter, t.ex tillgänglighet eller avstånd till skog för rekreatiönsändamål.

För indikatorn för påverkan på sociala värden föreslår vi, liksom för indikatorerna ovan, att referensscenariot utgörs av ett värde för  $SO$ , beräknat som ett medelvärde för de samlade produktiva skogarna i länet, där huvuddelen av skogsbrukarens innehav av produktiv skogsmark är lokaliserad. Vi föreslår vidare, liksom ovan, som en tillfällig lösning, att som preferensvärde används ett värde som är dubbelt så högt som det länsvisa referensscenariot. Motsvarande för indifferensvärdet föreslår vi ett tillfälligt värde som är 10% av det länsvisa referensscenariot.

En karakteriseringsfaktor för påverkan från skogsbruk på sociala värden ( $KF_{SO}$ ) beräknas enligt ekvationerna S2. Påverkansfaktorn ( $PF_{SO}$ ) beräknas utifrån ekvation S3.

### Indikatorer för påverkan på ekonomiska faktorer

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv spelar skogsnäringen, dvs hela kedjan 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 enskilda skogsbrukaren. Regionalt har skogsbruket en viktig roll vad gäller arbetstillfällena men även för andra aspekter vad gäller den regionala ekonomin. Ekonomiska indikatorer har valts ut med hänsyn till att data för att kvantifiera och följa upp dessa mätetal finns tillgängligt via offentlig statistik.

- Förädlingsvärdet,  $EK_{för}$  ("gross value added") av de samlade processerna en enskild skogsbrukare tillför genom sin verksamhet (SEK/år). Förädlingsvärdet uttrycks per avverkad volym. Förädlingsvärdena för skogssektorn kan bl.a. hämtas från nationalräkenskaperna på SCB.
- Nettointäkt,  $EK_{ensk}$ , för enskild skogsbrukare, baseras på intäkter subtraherat med kostnader, (SEK/år). Även här uttrycks per avverkad volym.
- Antal årsarbetstillfällen,  $EK_{arb}$ , som skapas av skogsbruket lokalt (årsarbetstillfällen) baserat på skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark.

Beräknade värden multipliceras, där det är relevant, med årlig avverkningsvolym och uttrycks därefter baseras på skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark.

Ovanstående förslag på ekonomiska kriterier och indikatorer skall ses som indikativa, och det återstår att utreda hur dessa indikatorer skall utformas i detalj för att vara jämförbara med övriga indikatorer som beskrivits ovan.



## 1. Övergripande principer för hållbarhetsindikatorer för svenskt skogsbruk

### 1.1 Inledning

Arbetet inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetspaketet WP3, syftar övergripande till att beskriva alternativa scenarier för produktion och användning av skogsråvara, för dagens och framtidens skogsbruk, i ett hållbarhetsperspektiv. Framtagning av metodik för att beräkna

hållbarhetsindikatorer för svensk skoglig sektor utgör en viktig verksamhet. Olika aspekter vad gäller hållbarhet behöver kvantifieras och kopplas till produktionen av

skogsråvara samt till de produkter som baseras på skogsråvaran. Vitt skilda aspekter kring hållbarhet behöver kunna vägas mot varandra i skogsägarnas och skogsföretagens strategiska planering för framtiden, såväl som i underlag för beslutsfattande bland myndigheter och politiker, inom livscykelanalys (LCA) av skogliga produkter samt inom den allmänna samhällsdebatten. I synnerhet gäller detta avvägningar mellan skogens klimatnytta och dess påverkan på biologisk mångfald (Bergström m. fl., 2020; Pettoirelli m. fl., 2021).



Aktuella områden för påverkan på olika aspekter av hållbarhet från verksamheter inom svensk skoglig sektor kan vara:

1. Påverkan på biologisk mångfald; 2. Påverkan på klimat, uppdelat på fossilt och biogent ursprung; 3. Sociala aspekter, såsom skogens rekreationsvärden; 4. Ekonomiska aspekter, såsom antal arbetstillfällen, skogsbrukarens ekonomiska intäkter, samt nationalekonomiska aspekter.

Arbetet i denna rapport kommer att fokusera på de fyra punkterna ovan. Utöver detta finns det dock även annan påverkan från den skogliga sektorn på olika aspekter av hållbarhet, till exempel påverkan på luft- och vattenkvalitet, fördröjning av återhämtning från försurning i sjöar och vattendrag, läckage av kvicksilver från skogsmark till sjöar och vattendrag mm. Det är viktigt att påpeka att skogen även påverkar miljön positivt genom att till exempel filtrera bort luftföroreningar från förbipasserande förorenade luftmassor samt att bidra med rent vatten till vattentäkter.

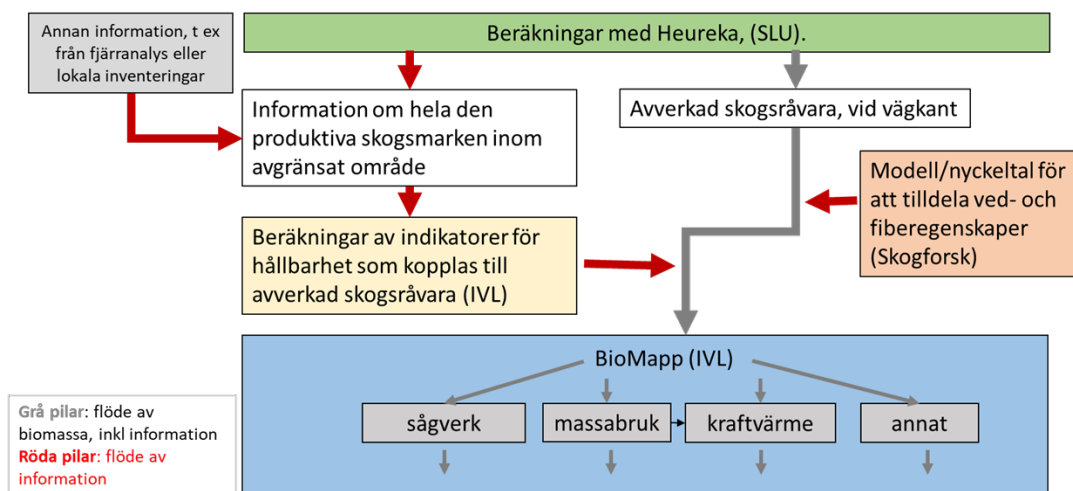
Beräkningar av indikatorerna behöver baseras på en transparent, trovärdig och vetenskapligt grundad redovisning av såväl positiva som negativa hållbarhetsaspekter med avseende på skogsbruk och resterande värdekedjor. Indikatorerna behöver kunna appliceras på olika geografiska skalor och med olika syften. En god miljöhänsyn bör löna sig, så till vida att skogsbrukaren<sup>1</sup> skall kunna få bättre betalt för en skogsråvara som är framtagen med rimlig hänsyn till hållbarhet.

---

<sup>1</sup> "Skogsbrukaren" används här som den person eller enhet som ansvarar för en eller flera skogsbruksenheter. En skogsbruksenhet definieras i enlighet med FSC som "ett eller flera områden med tydligt definierade gränser som sköts enligt uttalade långsiktiga mål i en skötselplan". Hela skogslandskapet räknas in, inklusive myrmarker och småsjöar. Begreppet "skogsbrukare" kan i detta sammanhang även användas för en skogsägarförening, som då på en övergripande nivå tar ansvar för att kriterier uppfylls, sett sammantaget över den samlade produktiva skogsmarken hos alla medlemmar.

## 1.2 Syften och applikationer

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 (Figur 1), som SLU utvecklat för analyser av framtida skogstillstånd (Wikström m. fl., 2011). Arbetet pågår även för att beskriva hur BioMapp skall kunna ta emot andra digitala företagsdata (Nilsson m. fl., 2021). På så sätt kan BioMapp 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. Förutom att visualisera hur den biomassa som skördas ur den svenska skogen i form av timmer, massaved och bränslesortiment fördelar sig på olika slutprodukter, ska BioMapp även kunna beräkna ett antal hållbarhetsindikatorer för varje steg i förädlingsledet, inklusive produktionen av skogsråvaran genom skogsbruk. BioMapp avses vara ett flexibelt visualiseringsverktyg som skall kunna användas för alternativa råvaruströmmar och hållbarhetsbedömningar på olika nivåer, från nationell nivå till enskilda stora skogsbrukare/företag. Beräkningar med BioMapp skall kunna rikta sig till såväl branschen, beslutsfattare samt en intresserad allmänhet.



**Figur 1.** En övergripande illustration av dataflöden från Heureka till BioMapp samt koppling till indikatorer. Grå pilar illustrerar dataflödet mellan Heureka och BioMapp, med information om biomassaflöden och andra resultatparametrar från Heureka. Röda pilar illustrerar övriga informationsflöden. Avgränsningen mellan Heureka och BioMapp är föreslagen att ligga vid lagring av skogsråvaran vid vägkant.

De hållbarhetsindikatorer som tas fram inom MDF syftar i första hand till att användas för olika applikationer inom BioMapp. Indikatorerna skall dock kunna användas även inom andra applikationer, som t ex i företagets hållbarhetsredovisningar. Vidare skall indikatorerna, med vissa anpassningar till rådande regelverk, kunna användas för att kunna beräkna påverkansfaktorer inom livscykelanalys, LCA. Sammanfattningsvis ser vi flera olika möjliga applikationer för de hållbarhetsindikatorer som vi här tar fram, med tillämpning på olika nivåer.

1. **Nationellt och regionvis** som underlag för beslutsfattande. Nationella och regionala applikationer i visualiseringsverktyget BioMapp.
2. **På företagsnivå.** För strategiska, övergripande hållbarhetsanalyser av framtida, alternativa utvecklingsmöjligheter. I företagens hållbarhetsredovisningar etc., för beskrivning av hållbarheten i de skogsråvaror som producerats/ använts.
3. **På skogsägarnivå.** Försåld skogsråvara åtföljs av nyckeltal som speglar olika aspekter kring hållbarhet som kan knytas till produktionen av skogsråvaran.
4. **På produktnivå.** Inom LCA och miljödeklarationer av produkter baserade på skogsråvara.

Det är viktigt att kunna kommunicera förutsättningarna kring hållbarhet med kvantitativa, numeriska värden, för att som underlag för beslutsfattande möjliggöra kvantitativa bedömningar och avvägningar mellan vitt skilda aspekter på hållbarhet som kan vara aktuella för svensk skoglig sektor. Kvantitativa värden för de olika indikatorerna ger också en möjlighet att avgöra om man rör sig i rätt riktning vad gäller utvecklingen av olika hållbarhetsaspekter. För framtiden finns möjliga applikationer vad gäller till exempel miljödeklarationer av skogsindustriella produkter. Regeringen har lagt fram ett förslag till strategi vad gäller Sveriges omställning till en cirkulär bioekonomi (Regeringen, 2020). I två av de fyra fokusområden som man föreslår framhålls vikten av att ge konsumenten möjlighet att göra rationella val vad gäller hållbara sätt att konsumera. Man föreslår bland annat följande inriktning: "Främja tydlig och lättillgänglig information om produkters innehåll, ursprung, miljöpåverkan och hur de kan återvinnas eller tas om hand".

### 1.3. Systemavgränsningar

Beräkningarna avses ske med en systemanalytisk inriktning. En viktig aspekt är därför systemavgränsningen för beräkningarna. 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 föreslås därför bli skogsbrukarens hela skogsinnehav. Beräkningar görs inte för enstaka, avverkade bestånd. Som skogsbrukarens hela skogsinnehav räknas all produktiv skogsmark, inklusive produktiv skog avsatt för frivillig hänsyn. Om impediment skall inräknas återstår att besluta om. Impediment är undantagna från skogsbruksåtgärder enligt skogsvårdslagen. Vad gäller frågan om att inkludera formellt skyddad skog, som skogsbrukaren fått ersättning för, så kan det komma att tillämpas olika beroende på syften. Vid bedömning av enskilda skogsbrukare används den regionala situationen som referens (se nedan). Arealerna av formellt skyddade områden kan variera avsevärt mellan olika län. Vid visualisering av enskilda skogsbrukares verksamhet bör därför formellt skyddad skog inte inkluderas i analyserna, varken för skogsbrukaren eller för den regionala referenssituationen.

Positiva och negativa hållbarhetsaspekter allokeras jämnt över en viss skogsbrukares hela volym av producerad skogsråvara under en viss tidsperiod. Vid beräkningar gällande skogsråvara med ursprung från större områden, vägs de ingående skogsbrukarnas volymer av producerad skogsråvara utifrån beräknade värden för respektive skogsbrukares hållbarhetsindikatorer. För riktigt stora områden får detta göras på ett summariskt sätt.

Skogsbruk bedrivs utifrån en långsiktig planering och det tar lång tid innan förändringar av skogsbruket resulterar i ett förändrat tillstånd i skogsekosystemen. Analyser bör därför göras över tidsperioder som kortast 4-5 år och som längst 20 år (PCR, 2020), men bör för tydlighets skull där så är lämpligt uttryckas

som en årlig påverkan. I vissa fall, till exempel klimatpåverkan från återvätning av skogsbeklädda torvmarker, kan det vara lämpligt att beakta längre tidsperioder.

#### 1.4 Referensscenarier, numeriska avgränsningar och relation till producerad råvara

Inom systemanalys syftar ett referensscenario generellt till att underlätta bedömningen av hur det studerade "systemet" påverkar de aspekter som man är intresserad av (se exempelvis Soimakallio m. fl., 2015). Referensscenariot bör därför idealiskt sett representera en situation i avsaknad av "systemet", i detta fall svenskt skogsbruk. I vad som kallas "bokförings LCA" representeras detta av ett "no-use" scenario, medan vad gäller "förändringsorienterade LCA", kan det representeras av en alternativ markanvändning. Vad som utgör baslinjesenario till dagens svenska skogsbruk är en svår och mycket omdiskuterad fråga (Soimakallio m. fl., 2015; Brander, 2016; Mattsson m. fl., 2021).

Ett synsätt är att hållbarhetsindikatorer skall hjälpa till att göra en korrekt bedömning av systemets påverkan över tid, utifrån de mål som man långsiktigt vill uppnå (Helin m. fl., 2012). Ett referensscenario, alternativt målvärde, kan då, till exempel i fallet påverkan på biologisk mångfald, representera "a desired state of biodiversity as defined in national strategy documents" (Lindner m. fl., 2014). Ett syfte med vad som beskrivs i detta dokument är att uppnå en ökad hållbarhet vad gäller svenskt skogsbruk och framtagandet av dess produkter. Utifrån denna aspekt undviker vi frågan om vad som är ett korrekt "no-use" scenario för svenskt skogsbruk och använder istället en kombination av en "business-as-usual" (BAU) referensscenario och en "target reference" metod, vilket beskrivs nedan.

För att möjliggöra sammanvägningar, jämförelser och avvägningar behöver vitt skilda hållbarhetsaspekter kunna uttryckas på gemensamma, relativa skalor. Dessa normaliserade värden kallas karakteriseringsfaktorer, KF (engelska "characterization factors"). Konventionellt inom LCA uttrycker ett positivt värde en negativ inverkan på respektive hållbarhetsaspekt. Därför kommer vi att uttrycka negativa aspekter med positiva värden för KF. Rent intuitivt uppfattas dock ett "plus-värde" som positivt. Teckenbyte kan eventuellt utföras i ett senare skede, när resultaten skall visualiseras och kommuniceras.

Karakteriseringsfaktorerna måste begränsas mellan givna ändpunkter. Vi väljer att uttrycka KF på en skala mellan -1 och +1, utgående från en definition av vad som är positivt respektive negativt ut hållbarhetssynpunkt, där ett nollvärde uttrycker nuvarande genomsnittliga tillstånd för skogsbruket på regional nivå (t ex län) (=BAU). Preferens- och indifferensvärden används för att avgränsa de numeriska värdena på den relativa skalan. Preferensvärden kan populärt beskrivas som en nivå på det absoluta värdet på indikatorn som är "tillräckligt bra". 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".

Som referensscenario föreslår vi för flertalet indikatorer användandet av ett medelvärde för tillståndet i den närliggande regionen, till exempel länet. I och med den digitala utvecklingen vad gäller att övervaka tillståndet i Sveriges skogar, till exempel med laserskanning från flygplan, kommer det i framtiden att vara möjligt att välja andra områden som representativt för närliggande region. I fallet klimatpåverkan på nationell nivå skulle den så kallade "Forest Reference Level", som används vid klimatrapporteringen till Klimatkonventionen och till EU (Miljödepartementet, 2019), kunna användas som referensscenario. Preferens- och indifferensvärden kan till exempel utgå från olika målvärden som definierats exempelvis inom miljömålssystemen, eller utifrån olika klimatpolitiska mål. Alternativt kan man utgå från vetenskapliga bedömningar av vilka påverkansnivåer som kan långsiktigt accepteras (preferens), respektive när påverkan inte längre spelar någon roll (indifferens). För närvarande har vi inte underlag för att definiera preferens och indifferensvärden. Vi föreslår därför genomgående i denna rapport att för

att illustrera metodiken med exempelberäkningar används ett preferensvärde som är dubbelt så högt som referensvärdet och för indifferensvärde används ett värde som är 10% av referensvärdet.

Enligt LCA-metodik skall KF relateras till den areal som använts för att producera råvaran samt allokeras per enhet råvara. Detta uppnås genom att KF multipliceras med skogsbrukarens totala areal produktiv skogsmark samt divideras med den årliga produktionen av skogsråvara. Detta nya värde kallas en påverkansfaktor, PF, (engelska "contribution to the impact category"). Detta motsvarar att KF divideras med produktiviteten. En hög produktivitet ger således ett lägre värde på PF. Logiken i detta ligger i att en mindre areal tas i anspråk för att producera en viss mängd råvara, vilket ger utrymme för en alternativ markanvändning för resterande markareal.

### 1.5 En stegvis procedur för beräkningar

En stegvis procedur för att beräkna påverkan på olika aspekter av hållbarhet i relation till volym producerad skogsråvara redovisas nedan. Som beskrivits ovan, är den huvudsakliga målsättningen att beräknade indikatorer skall användas inom verktyget BioMapp, för att jämföra olika framtida utvecklingsmöjligheter för svensk skoglig sektor.

Beräkningarna sker enligt en stegvis procedur som beskrivs nedan.

#### 1. Grundläggande metodik för att beräkna hållbarhetsindikatorer, (HI<sub>i</sub>)

Grundläggande metodik för att beräkna påverkan på en viss aspekt av hållbarhet i absoluta mått, uttryckt som hållbarhetsindikator, HI<sub>i</sub>. Denna metodik och de enheter som används kan vara olika mellan olika aspekter av hållbarhet.

#### 2. Karakteriseringsfaktorer (KF)

Karakteriseringsfaktorer syftar till att beräkna påverkan från en viss skogsbrukare i relation till ett referensscenario, samt preferens och indifferensvärden. Karakteriseringsfaktorer beräknas på en relativ skala, så att ett positivt värde indikerar en negativ påverkan på denna aspekt av hållbarhet. Värden för preferens och indifferens appliceras enligt vad som beskrivs ovan.

Karakteriseringsfaktorer beräknas i sin grundläggande form enligt ekvation 1:

$$KF_{HI} = (HI_{\text{referens}} / HI_{\text{skogsbrukare}}) - 1 \quad (1)$$

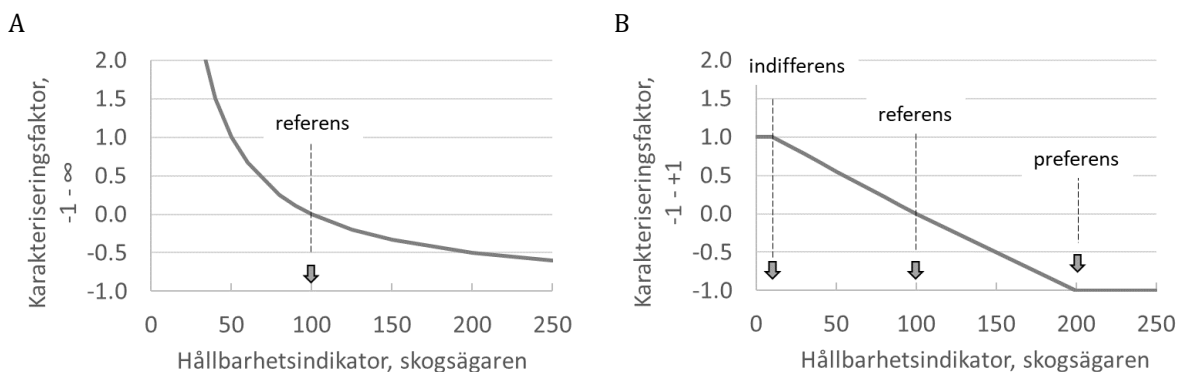
$KF_{HI}$ , Karakteriseringsfaktor för hållbarhetsaspekt HI

HI, Hållbarhetsindikator för hållbarhetsaspekt, HI.

$HI_{\text{skogsbrukare}}$ , hållbarhetsindikator i absoluta mått, beräknat för en viss skogsägare.

$HI_{\text{referens}}$ , hållbarhetsindikator i absoluta mått, beräknat som regionalt referensvärde för till exempel ett län.

Resultatet för ett fiktivt exempel utifrån ekvation 1 visas i Figur 2A. Det beräknade värdet för den karakteriseringsfaktor går mot oändligheten när  $HI_{\text{skogsbrukare}}$  blir avsevärt lägre jämfört med  $HI_{\text{referens}}$ , och går mot ett värde -1 när  $HI_{\text{skogsbrukare}}$  blir avsevärt högre jämfört med  $HI_{\text{referens}}$ . Denna ekvation lämpar sig därför dåligt att anpassa till en målsättning att begränsa de beräknade karakteriseringsfaktorerna till värden mellan -1 och +1.



**Figur 2.** Illustration av beräknade värden för karakteriseringsfaktorer (KF) på en normaliserad skala, utgående från godtyckligt beräknade absolutvärden för en viss fiktiv hållbarhetsindikator för en viss skogsbrukare och baserat på ett regionalt referensscenario samt preferens- och indifferensvärden. Som referensvärde är antaget ett värde 100, vilket indikeras med en vertikal streckad linje. A, Beräknade värden baserat på den grundläggande ekvationen 1; B, Beräknade värden baserat på en alternativ kombination av ekvationer (ekvationerna 2) som resulterar i beräknade värden mellan -1 och +1, i sin tur baserat på antagna värden för indifferens (=10) och preferens (=200).

Som ett alternativ till ekvationen 1 föreslår vi därför en kombination av ekvationer som utvecklar sig linjärt mellan ett värde +1 vid det antagna indifferensvärdet, ett värde noll vid referensvärdet och slutligen ett värde -1 vid det antagna preferensvärdet.

Denna kombination av ekvationer får följande generella utformning:

För  $HI < \text{indifferensvärdet (indiff.)}$  är  $KF = 1$ ; För  $HI > \text{preferensvärdet (pref.)}$  är  $KF = -1$ ; För  $\text{indiff.} < HI < \text{ref.}$  gäller att  $KF = (\text{ref.} - HI) / (\text{ref.} - \text{indiff.})$ ; För  $\text{ref.} < HI < \text{pref.}$  gäller att  $KF = (\text{ref.} - HI) / (\text{pref.} - \text{ref.})$  (2)

Denna kombination av ekvationer (ekvationer 2) kan som ett exempel illustreras i Figur 2B, baserat på fiktivt antagna värden för referens, 100, för indifferens, 10 och för preferens, 200. Ekvationerna behöver inte vara linjära, men KF måste bli noll när  $HI = \text{referensvärdet}$ .

#### Påverkansfaktorer

Påverkansfaktorer, PF, används för att beräkna påverkan per använd areal och producerad skogsråvara (ekvation 3):

$$PF_{HI} = KF_{HI} / \text{Prod}_{\text{skogsbrukare}} \quad (3)$$

$\text{Prod}_{\text{skogsbrukare}}$  Skogsbrukarens produktivitet,  $\text{m}^3\text{sk ha}^{-1}$ .

Enheten för påverkansfaktorn blir  $\text{x ha m}^3\text{sk}^{-1}$ .

## 1.6 Datakällor

En viktig aspekt när det gäller val av indikatorer är att det är möjligt att erhålla kvantitativa värden med en rimlig arbetsinsats. Det är uppenbart att underlag för beräkning av hållbarhetsindikatorer behöver digitaliseras och lagras på ett sätt som är tillgängligt och transparent. Spårbarhet utgör en grund för beräkningar av hållbarhet för produktionen av en viss skogsråvara eller produkt. Vad gäller strukturer och tillstånd i skogen kan information hämtas från Heureka och Riksskogstaxeringen. Det sker en snabb digital utveckling vad gäller fjärranalys av skogar i Sverige och i andra delar av världen och det kan

förväntas att detaljerad information om strukturer och tillstånd i skogen kommer att bli tillgänglig kommer att bli tillgänglig i allt större utsträckning. Information kan även fås från skogsbrukarens egna inventeringar. Vad gäller skogsbruksåtgärder, såsom avverkningar, kommer allt mer information att bli tillgänglig digitalt, via registreringar i arbetsmaskinerna. Det är också önskvärt att föreslagna indikatorer knyter an till information som redan tas fram av olika skogsbrukare, till exempel för certifiering enligt FSC/PEFC.

En förutsättning för genomförandet av dessa indikatorer utgör viljan till offentlig redovisning av skogsbruksplaner och certifieringsunderlag. Det kan i detta sammanhang vara nödvändigt att beakta sekretess vad gäller till exempel information om den enskilda skogsbrukaren. Tredjepartsrevision kan vara ett sätt att skapa trovärdighet givet överenskomna regler för enskilda skogsbrukare/företag som inte vill offentliggöra detaljerad samlad information.

## 1.7. Relationer till andra system för hållbarhetsbedömningar, regelverk och initiativ

### Sveriges klimatrapportering

Sveriges klimatpolitik samt bidrag till EU's klimatpolitik är starkt baserat på den kunskapsbas som utgörs av klimatrapporteringen till IPCC och EU (NIR, 2021). Vad gäller klimatpåverkan från skogssektorn är den i huvudsak baserad på den rapportering som sker inom sektorn "Landuse, landuse change and forestry", LULUCF (se t ex Lundblad m. fl., 2019). För att kunna visa hur svensk skoglig sektor bidrar till uppfyllandet av olika klimatmål inom Sverige och EU ser vi det som mycket viktigt att de indikatorer för klimatpåverkan som vi här tar fram inom MDF så långt möjligt harmoniserar med den metodik som används inom klimatrapporteringen.

### Miljövarudeklarationer, EPD

Environmental product declaration, EPD, är en kommunikationsprodukt som innehåller tredjepartsgranskad LCA-information, där olika produktspecifika regler utvecklas för olika produkter (Erlandsson m. fl., 2019). Dagens EPDer bygger på att marknaden tar fram produktspecifika regler som inte baseras på en tillräckligt entydig och likformig LCA-anvisning, vilket gör att EPDer som baseras på olika "Products Category Rules", PCR, inte alltid går att jämföra eller användas som informationsmoduler i en värdekedja. Inom ramen för Vinnovaprojektet "Hållbarhetskriterier och livscykelanalys för skogsbruk", som är en del av det Strategiska Innovationsprogrammet Bioinnovation, pågår ett arbete att ta fram produktspecifika LCA-regler för skogens olika produkter.

### EU's miljöfotavtryck, PEF

EU:s initiativ för produkters miljöavtryck (Product Environmental Footprint, PEF), har en stark politisk förankring inom EU-kommissionen och påverkar därför andra direktiv och standarder inom EUs reglering (Erlandsson m. fl., 2019). PEF-initiativet drivs av DG Environment med tekniskt stöd från EUs forskningscenter JRC i Ispra, Italien. Visionen med PEF-systemet är att det ska användas inom EU för att kunna deklarerar och dessutom miljömärka alla slags produkter. Det är därför strategiskt viktigt att den metodik som tas fram för beräkningar av hållbarhetsindikatorer harmoniserar med denna PEF-metodik.

### Skogliga konsekvensanalyser 2022, SKA-22

Skogsstyrelsen och SLU har påbörjat arbetet med att ta fram en ny upplaga av Skogliga konsekvensanalyser, SKA-22. Enligt uppgift planerar man att ta fram ett större underlag för biologisk mångfald, jämfört med tidigare upplagor. Vi har genom Hampus Holmström en god kontakt med

projektledningsteamet för SKA-22. Arbetet med SKA-22 är nu i en uppstartsfas, och man diskuterar för närvarande upplägget. Vi kommer att noggrant följa utvecklingen av SKA-22, för att skapa synergier gentemot vårt arbete inom MDF.

## 2. Indikatorer för biologisk mångfald

### 2.1 Syften och avgränsningar

I detta kapitel beskrivs metodik för att beräkna indikatorer för påverkan på biologisk mångfald från produktionen av skogsråvara från svenskt skogsbruk. Vi antar att indikatorer för påverkan på biologisk mångfald endast är relevanta för skogsbruket, inte för resterande delar av de skogliga värdekedjorna. Påverkan på biologisk mångfald från skogsbruk utgör en angelägen fråga både för Sverige (Skogsutredningen, 2020) och för EU (EU, 2021). En målsättning har varit att indikatorerna kan hjälpa till att synliggöra hur svensk skoglig sektor bidrar till Sveriges och EU's miljöpolitik.



### 2.2 Inledning

Den biologiska mångfalden i världen försämras i snabb takt (Naturvårdsverket, 2020a) och förändrad markanvändning nämns som en viktig faktor. För Sveriges del har skogsbruket stor betydelse för den biologiska mångfalden (Angelstam m. fl., 2020). I den senaste rödlistan som publicerats från Artdatabanken (Artdatabanken, 2020) anges att "för 43 % av de rödlistade arterna är skogen en viktig hemvist".

Biologisk mångfald definieras inom konventionen om biologisk mångfald (CBD) som "variationsrikedomen bland levande organismer av alla ursprung ... och de ekologiska komplex i vilka dessa organismer ingår; detta innefattar mångfald inom arter, mellan arter och av ekosystem". Den viktigaste innebörden är att begreppet biologisk mångfald betonar betydelsen av variationsrikedom, ett landskap med många olika naturtyper, olika arter, och en stor genetisk variation inom arterna.

I den årliga uppföljningen av Miljömålet Levande Skogar (Naturvårdsverket, 2020b) nämns bland annat att för att lyckas med bevarande av biologisk mångfald är det av stor betydelse med åtgärder och insatser i de områden där virkesproduktion bedrivs. Det behövs förbättringar av den miljöhänsyn som tas vid skogsbruksåtgärder. Vidare behövs en ökning av den areal som brukas med hyggesfria metoder.

Nyckelbiotoper är ett centralt begrepp som används i många olika sammanhang vad gäller inverkan av skogsbruk på biologisk mångfald. Representanter för naturvårdsorganisationer för fram att en mycket stor del av de naturvärden som finns i produktionsskog är lokaliserade till områden som kan betecknas som nyckelbiotoper. Å andra sidan är begreppet mycket "värdeladdat" och det har uppstått en omfattande politisk diskussion kring hur begreppet skall användas och i vad mån en förnyad nationell systematisk inventering skall göras eller ej. FSC anger tydligt att, vad gäller certifierade skogsbrukare, får nyckelbiotoper inte avverkas (FSC, 2020). Om förslaget till indikatorer för biologisk mångfald i skog som



tas fram inom MDF skall ha chans uppnå acceptans från naturvårdsorganisationer, så måste det förhålla sig till begreppet nyckelbiotoper.

### 2.3 Grundläggande metodik

Förslagen vad gäller indikatorer för biologisk mångfald har inriktats på att illustrera både skogsbruksåtgärder som missgynnar biologisk mångfald och att bevarandet av långsiktiga strukturer i skogen kan vara positiva för utvecklingen av biologisk mångfald. Indikatorer baserade på genomförande av en aktuell inventering av förekommande arter har undvikits, eftersom det får anses orealistiskt att en skogsbrukare skulle ha krav på att genomföra en artinventering inför varje avverkning. Förslagen bygger på arealer produktiv skogsmark som uppfyller vissa kriterier och som sätts i relation till skogsbrukarens totala areal produktiv skogsmark. I och med att arealen beräknas relativt den totala arealen produktiv skogsmark, blir detta beräkningssätt någorlunda rättvist vid jämförelser mellan stora och små skogsbrukare.

Det pågår forskning kring sambanden mellan strukturer i skogen och dess betydelse för att bevara artrikedomen. I avvaktan på ytterligare kunskap föreslår vi ett ramverk till metodik för att beräkna indikatorvärden för biologisk mångfald som bygger på en hög grad av flexibilitet.

### 2.4. Översiktlig beskrivning av respektive ingående indikatorer

Det finns på ett övergripande plan två sätt som skogsbruket påverkar biologisk mångfald. Det första gäller att vid nuvarande skötsel genomföra skogsbruksåtgärder på ett skonsamt sätt, så att befintlig biologisk mångfald kan vidmakthållas och utvecklas. Detta gäller framför allt vid genomförandet av sista gallring och slutavverkningar. Det andra gäller att på lång sikt planera och genomföra sitt skogsbruk så att hela skogsinnehavet innehåller strukturer som ger möjligheter till en gynnsam utveckling vad gäller biologisk mångfald. Detta gäller framför allt att skapa en skogsmark med variation. Dessa två aspekter överlappar givetvis, eftersom planeringen inför avverkning utgör en grund för att på sikt gynna efterfrågade strukturer som gynnar biologisk mångfald.

Vi ger i det följande två förslag till indikatorer för biologisk mångfald som är avsedda att användas tillsammans. Indikator 1 är inriktat på nuvarande skötsel av skogen och hur den kan anses påverka biologisk mångfald. Indikator 2 är inriktad på tillståndet hos skogsbrukarens hela innehav av produktiv skogsmark och dess strukturer som gynnar biologisk mångfald.

Indikator 1 gäller miljöhänsyn vid genomförandet av avverkningar (gallringsavverkning och slutavverkning) och är av karaktären att det kan uppfyllas eller ej. Om kriterierna i indikator 1 inte uppfylls kommer skogsbrukaren inte att kunna tillgodogöra sig någon form av positiv aspekt kring biologisk mångfald, det vill säga att den samlade karakteriseringsfaktorn kommer att få ett värde lika med indifferensvärdet. Vi föreslår att man här utnyttjar ett urval av de kriterier som ställs för miljöhänsyn vid avverkning inom certifieringssystemen FSC och/eller PEFC. Många skogsbrukare är redan certifierade enligt FSC och/eller PEFC och genom att inkludera här använda kriterier i en indikator för biologisk mångfald så stärks systemet med certifiering ytterligare, samtidigt som det inte medför något ytterligare arbete för certifierade skogsbrukare.

Indikator 2 relaterar till de strukturer inom skogsbrukarens hela bestånd som gynnar utvecklingen av biologisk mångfald, hämtade i första hand från indikatorer för miljömålet "Levande skogar". Arealer med strukturer som gynnar utvecklingen av biologisk mångfald sätts i relation till skogsbrukarens totala innehav av produktiv skogsmark, som en andel.

Olika arealer för naturvårdsändamål kan ha olika värde. Det spelar stor roll hur de ligger geografiskt i förhållande till varandra, det som kallas "konnektivitet" (Michanek m. fl., 2019). Arealer med strukturer som gynnar utvecklingen av biologisk mångfald kan involvera skötsel med olika grader av ambitioner. För att ta hänsyn till detta föreslår vi att arealer med strukturer som är positiva för utvecklingen av biologisk mångfald multipliceras med en faktor som reflekterar graden av skötsel,  $f_x$ , innan den relateras till skogsbrukarens totala innehav av produktiv skogsmark. Detta angreppssätt har tidigare föreslagits av bl a Mattsson, 2000.

## 2.5 Samlad beskrivning av grundläggande metodik för att beräkna indikatorerna

### 2.5.1 Indikator 1, miljöhänsyn vid avverkning

**Indikator 1 skall beskriva om en rimlig miljöhänsyn tas i samband med avverkning (gallring och förnygringsavverkning).**

(indikatorn uppfylls, ja eller nej, om nej sätts värdet på indikatorn för biologisk mångfald till indifferensvärdet)

#### *Metod för bedömning*

Vi föreslår att man här utnyttjar ett urval av de kriterier som ställs för miljöhänsyn vid avverkning inom certifieringssystemen FSC och/eller PEFC. Certifiering enligt FSC, princip 6 "Miljövärden och miljöpåverkan", ställer krav på skogsbrukaren utifrån ett stort antal aspekter vad gäller miljövärden och miljöpåverkan vid gallring och slutavverkning, men även vad gäller planering av skogsbrukarens hela skogsbestånd. Inom PEFC är det främst punkterna under kapitel 5, "Miljöstandard", som gäller hänsyn vid avverkning. Generellt kan sägas att FSC ställer något högre krav jämfört med PEFC. Framför allt gäller det områden som avsätts för andra primära ändamål än virkesproduktion, där FSC har ett samlat krav på 10% av den produktiva skogsbruksarealen, medan PEFC endast kräver 5%. FSC är totalt emot avverkning av nyckelbiotoper. PEFC medger i vissa fall avverkning av nyckelbiotoper när arealerna för nyckelbiotoper överstiger 5% av total areal. Sammantaget förefaller det dock rimligt att i detta sammanhang jämställa uppfyllelsen av certifiering enligt FSC respektive PEFC, eftersom certifiering enligt PEFC främst har en inriktning på mindre skogsbrukare som rimligen har mindre resurser för att avsätta skogsareal för miljöhänsyn. Vidare kommer uppfylld certifiering enligt FSC att medföra att 10% av den produktiva skogsmarken kan inräknas under indikator 2, medan för PEFC blir detta endast 5%.

**Vi föreslår att bedömningen på om en rimlig miljöhänsyn tas i samband med avverkning grundar sig på om skogsbrukaren uppfyller antingen certifiering enligt FSC, ett urval av kriterier inom princip 6, eller certifiering enligt PEFC, ett urval av punkter inom kapitel 5.**

Om man på annat sätt kan belägga att man följer de krav som listas ovan inom FSC/PEFC, räknas det som att indikator 1 uppfylls.

### 2.5.2. Indikator 2, arealer gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald

**Indikator 2 skall beskriva andel av skogsbrukarens totala areal produktiv skogsmark som under aktuellt år har strukturer som kan anses som gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald.**

(enhet: dimensionslöst indikatorvärde, antar ett värde mellan 0 och 1)

#### *Arealer som kan inräknas som gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald*

För att arealer skall kunna inräknas som gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald kan krav uppfyllas på olika sätt. Flera av följande alternativa krav härrör från indikatorer som används för

uppföljning av miljömålet *Levande Skogar* (<http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/levande-skogar/>). Grunderna för valda definitioner och tröskelvärden beskrivs till viss del i rapporterna Skogsstyrelsen, 2019 och Artdatabanken, 2011.

När det gäller gammal skog, död ved, grova träd och äldre lövrik skog, kan alla arealer som uppfyller kraven inräknas, såväl produktionsskog som arealer undantagna från virkesproduktion.

- Areal produktiv skogsmark undantagen från virkesproduktion, enligt FSC/PEFC

Detta krav härrör från certifiering enligt FSC/PEFC (FSC kriterier 6.5.1 och 6.5.2, PEFC punkten 5.5.1).

Certifiering enligt FSC medför att minst 10% av arealen produktiv skogsmark kan inräknas här, medan för PEFC kan inräknas minst 5%. De arealer som avsätts enligt FSC kriterium 6.5.2 ("de andra 5 procenten") behöver inte vara inriktade på biologisk mångfald, men sköts med långsiktig bevarande och utveckling av naturvärden och/eller sociala värden som primära mål.

- Areal produktiv skogsmark med gammal skog
  - Skog äldre än 140 år i den boreala regionen (Norrlands, Dalarnas, Värmlands och Örebro län). Skog äldre än 120 år i den boreo-nemoral och nemoral regionen (Götaland och Svealand exklusive Dalarnas, Värmlands och Örebro län).
- Areal produktiv skogsmark med död ved
  - Med död ved avses  $\geq 20 \text{ m}^3/\text{ha}$  där vedsubstraten är  $\geq 20 \text{ cm}$  i diameter.
- Areal produktiv skogsmark med grova träd
  - Med grova träd avses  $\geq 60 \text{ st/ha}$  där träden är  $\geq 45 \text{ cm}$  i diameter (Tall, gran, ädellöv)  $\geq 35 \text{ cm}$  (Övriga lövträd).
- Areal produktiv skogsmark med äldre lövrik skog
  - Med äldre lövrik skog avses i boreal region skog  $> 80$  år där minst 3/10 av grundytan utgörs av lövträd.
  - Med äldre lövrik skog avses i boreo-nemoral och nemoral region skog  $> 60$  år där minst 3/10 av grundytan utgörs av lövträd.
- Areal som brukas med hyggesfritt skogsbruk
  - Vid bedömning av areal som i nuläget, i dagens skogsbruk, brukas med hyggesfritt skogsbruk uppstår problemet att detta är svårt att kvantifiera utifrån inventeringar respektive fjärranalys. I Heureka finns dock ett skötselalternativ för hyggesfritt skogsbruk. I övrigt får denna kategori av areal när det gäller dagens skogsbruk följas upp utifrån skogsbruksplaner.

#### Värdering av areal

Värdering av ambitionen i skötsel av olika områden görs med uppräkningsfaktorn  $f_x$ , som föreslås kunna anta tre olika värden,  $f_{x1}$ ,  $f_{x2}$ , och  $f_{x3}$ .

- $f_{x1}$ , kan som förslag appliceras för areal som avsatts för naturvårdsändamål men som inte därefter sköts, exempelvis gröna skogsbruksplaner kategori "Naturvård orört" (NO).
- $f_{x2}$ , appliceras för areal som avsatts för naturvårdsändamål och som därefter regelbundet vidmakthålls med olika skötselåtgärder dock med en relativt begränsad ambition, exempelvis gröna skogsbruksplaner kategori "Naturvård skötselkrävande" (NS)

- $f_{x3}$ , appliceras för areal som avsatts för naturvårdsändamål och som därefter regelbundet vidmakthålls med olika skötselåtgärder med en hög ambition, exempelvis Sveaskogs ekoparker, områden med naturvårdsbränning mm

Vilka numeriska värden som skall sättas för respektive  $f_x$  får diskuteras vidare i samråd mellan forskare och andra intressenter. Det är dock viktigt att de numeriska värdena för  $f_x$  inte sätt så högt att  $\Sigma (A_1 * f_x, A_2 * f_x, A_3 * f_x, \dots) > A_{tot}$ , enligt ekvation 4 nedan.

Värdet för indikator 2 beräknas således enligt följande (ekvation 4):

$$BM_i = (\Sigma (A_1 * f_x, A_2 * f_x, A_3 * f_x, \dots)) / A_{tot} \quad (4)$$

där

BM, grundläggande indikatorvärde för påverkan på biologisk mångfald, (dimensionslös, 0-1)

$A_i$ , olika arealer som kan anses som gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald (ha)

$f_x$ , uppräkningsfaktor satt att värdera olika arealer som är gynnsamma för utvecklingen av biologisk mångfald utifrån till exempel skötselambitioner, kan anta tre olika värden,  $f_{x1}$ ,  $f_{x2}$ , och  $f_{x3}$ , beroende på ambitionen i skötsel av arealen (dimensionslös)

$A_{tot}$ , skogsbrukarens totala areal produktiv skogsmark (ha)

Arealer klassificeras beståndsvis.

## 2.6 Beräkning av karakteriserings- och påverkansfaktor

### 2.6.1 Hur sätts referenssituationen?

För indikatorn för påverkan på biologisk mångfald föreslår vi att referenssituationen utgörs av ett värde för BM, beräknat som ett medelvärde för de samlade produktiva skogarna i länet där huvuddelen av skogsbrukarens innehav av produktiv skogsmark är lokaliserad.

### 2.6.2 Hur sätts preferens och indifferensvärden?

För närvarande har vi inte underlag för att definiera preferens och indifferensvärden för en indikator för påverkan på biologisk mångfald. Vi föreslår därför att för att illustrera metodiken med exempelberäkningar används ett preferensvärde som är dubbelt så högt som värdet för referensscenariot och för indifferensvärde används ett värde som är 10% av referensvärdet.

### 2.6.3 Beräkning av karakteriseringsfaktor

En karakteriseringsfaktor för påverkan från skogsbruk på biologisk mångfald ( $KF_{BM}$ ) beräknas baserat på ekvationerna 2 ovan.

### 2.6.4 Beräkning av påverkansfaktor

Påverkansfaktorn för påverkan från skogsbruk på biologisk mångfald ( $PF_{BM}$ ) beräknas enligt ekvation 3 ovan.

## 2.7. Datakällor och uppföljning

För de skogsbrukare som är certifierade enligt FSC och PEFC, kan den löpande uppföljningen av certifieringen användas. Som stöd för utförd skörd, skördeformer, lämnad hänsyn, ställande av högstubbar, "evighetsträd", valda körvägar mm, kan skördardata vara en mycket användbar källa för

indikator 1. På sikt kan data användas även från fjärranalys samt från Skogsstyrelsens tillsynsverksamhet. Baserat på data från satellitbilder, laserskanning, flygbilder och drönare genomförs analyser till exempel av grova träd samt stående och liggande död ved. På sikt kan digital information från arbetsmaskiner användas.

## 2.8. Ytterligare aspekter

Det finns givetvis ytterligare faktorer knutna till skogsbruk som potentiellt kan ha negativa effekter på biologisk mångfald. Det gäller till exempel utökad användning av främmande trädslag, markberedning, dikning/dikesrensning, utökad skogsgödsling, användning av kemikalier, genmodifierade organismer, med mera. Dessa har inte specifikt tagits upp i den här föreslagna metodiken med hänvisning till att det har varit önskvärt att hålla indikatorer så få och enkla som möjligt. Dessa faktorer behandlas dock till del inom certifieringar enligt FSC och PEFC.

I vissa fall av naturvårdsuppföljning används ett protokoll från Skogsbiologerna AB för att bedöma potentiellt gynnsamma strukturer hos ett skogsbestånd vad gäller biologisk mångfald. Via detta protokoll gör man bedömningar av ett stort antal parametrar, varav en del överlappar med förslaget ovan. Vi bedömer dock detta protokoll som alltför komplicerat för att användas för de ändamål som vi har i denna studie.

## 3. Indikatorer för påverkan på klimatet

### 3.1 Syften och avgränsningar

I detta kapitel beskrivs metodik för att beräkna indikatorer för påverkan på klimatet från produktionen av skogsråvara under förhållanden som är relevanta för svenskt skogsbruk, inklusive bidrag från fossila och biogena källor. I slutändan skall den övergripande klimatpåverkan från hela de skogliga värdekedjorna beräknas. Värden för indikatorerna behöver därför vara möjliga att summera klimatpåverkan över hela den skogliga sektorn. Bedömningarna av klimatpåverkan gäller för skogsägarens hela innehav av produktiv skogsmark, som normalt innehåller skogsbestånd i många olika utvecklingsfaser.



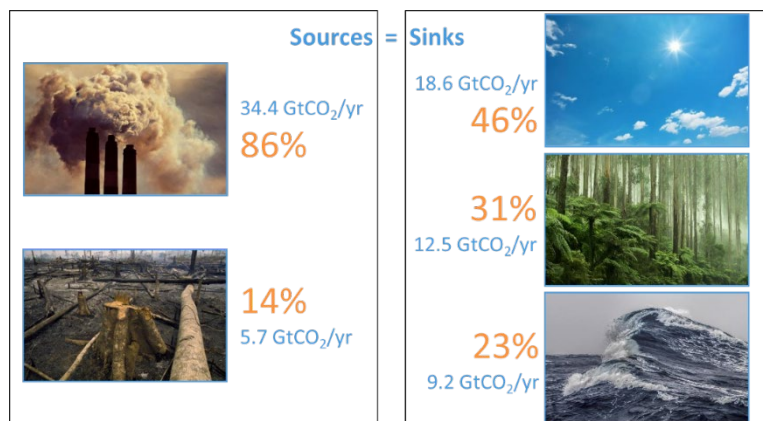
Avgränsningen mellan skogsbruk och resterande värdekedjor görs vid upplagring av avverkad skogsråvara vid väggkant. Det kan i vissa fall diskuteras vilka aspekter kring klimatpåverkan som skall tillskrivas skogsbruket och vilka som skall tillskrivas aktiviteter nedströms värdekedjan. Detta gäller till exempel temporär inlagring av kol i träprodukter ("harvested wood products", HWP), som vi i denna studie valt att tillgodoräkna klimatpåverkan nedströms skogsbruket.

En målsättning har varit att indikatorerna kan hjälpa till att synliggöra hur svensk skoglig sektor bidrar till Sveriges och EU's klimatpolitik. Metodiken bör därför så långt möjligt vara kompatibel den metodik som används inom Sveriges klimatrapporering.

### 3.2 Inledning och bakgrund

#### 3.2.1 Globala och europeiska perspektiv

Det är ingen tvekan om att upptaget och avgången av kol till och från de terrestra ekosystemen har en mycket stor betydelse för klimatet på global nivå. På global nivå tas strax över 30% av de antropogena utsläppen av CO<sub>2</sub> (inklusive utsläpp från markanvändning) upp av den landbaserade växtligheten (Figur 3).



**Figur 3.** Globala, årliga, antropogena källor och sänkor för koldioxid för perioden 2008–2017. På den vänstra sidan visas antropogena utsläpp, på den högra sidan visas sänkor. Källa: The Global Carbon Project, nedladdat 2021-10-04.

<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/20/presentation.htm>

Globalt kan beskogade, organogena (torv-) marker stå för mycket stora utsläpp av växthusgaser per producerad skogsråvara. Lågt belägna tropiska torvmarker i sydöstra Asien kan stå för i storleksordningen 30% av de globala utsläppen av CO<sub>2</sub> från markanvändningssektorn (Couwenberg et al., 2010).

Skogen har en betydande roll inom EU's klimatpolitik. EU's klimatarbete regleras dels genom ansvarsfördelningsförordningen<sup>2</sup> och dels genom LULUCF-förordningen<sup>3</sup>. Inom EU rapporteras klimatpåverkan från markanvändningssektorn enligt LULUCF-förordningen. Skogssektorns klimatpåverkan rapporteras utifrån en skoglig referensnivå (Forest Reference Level, FRL) för brukad skogsmark<sup>4</sup>, som följer kraven på information inom EU:s klimatramverk 2021-2030 (Lundblad, 2019). Referensnivån FRL påverkar i vilken grad förändrade upptag och utsläpp i skog kan tillgodoräknas för att nå Sveriges klimatåtaganden inom EU.

<sup>2</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/842 av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtagandena enligt Parisavtalet samt om ändring av förordning (EU) nr 525/2013

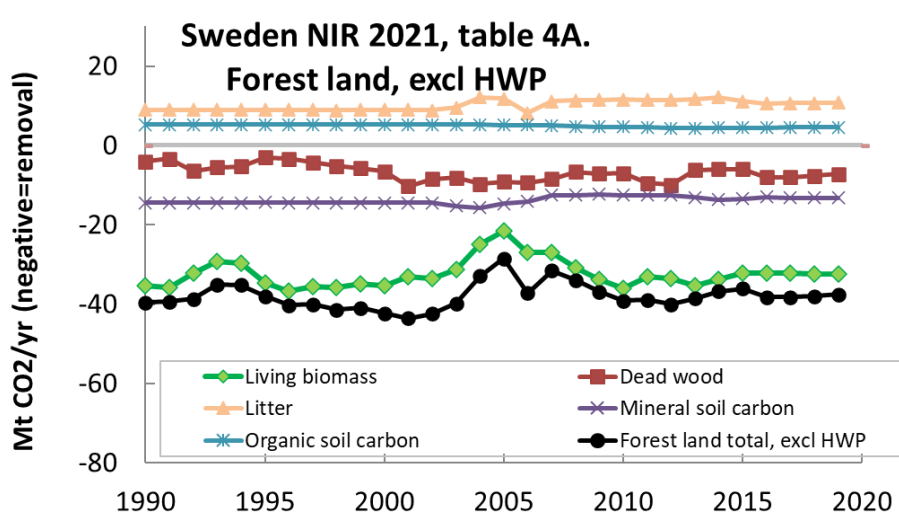
<sup>3</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU.

<sup>4</sup> Skogsmark definieras som skogar om minst 0,5 ha, en kronslutenhet av minst 10 % och en minimihöjd av 5 m, där de senare variablerna avser moget tillstånd in situ. Brukad skogsmark i detta sammanhang inkluderar både produktiv och Improduktiv skogsmark.

Grunderna för EU's klimatarbete har övergripande beskrivits i en rapport från European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy (JRC, 2021). Man hävdar här att skogens roll för att begränsa klimatförändringarna i en framtida bioekonomi bör bedömas i ett systemperspektiv, som inkluderar såväl förändrade kolförråd i skogsmarken och i träprodukter som användandet av skogsråvara för att ersätta fossilt baserade råvaror (substitution). Att minska på avverkningarna bedöms som det lättaste alternativet för att öka kolsänkan i skogen i ett kortare tidsperspektiv, 2030-2050. Man uppmärksammar dock på att detta alternativ kan ha en betydande negativ socioekonomisk påverkan för den skogliga sektorn. Dessutom pekar man på att kolsänkan i skogen kommer att nå en mättnad på längre sikt. I ett kort till medellångt tidsperspektiv anser JRC dock att summan av upplagringen av kol i träprodukter och klimatnyttan med substitution troligen inte kan kompensera för minskningen i kolsänkan i skogen som kan knytas till en ökad avverkning.

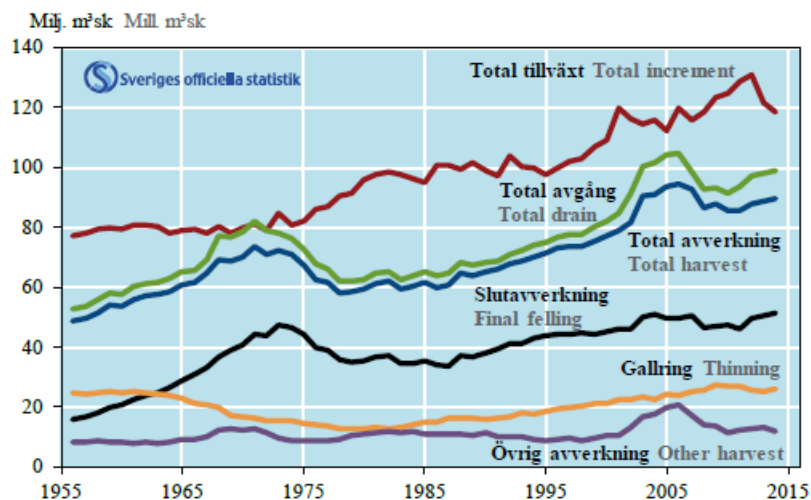
### 3.2.2 Kolförråden i Sveriges skogar

Även för Sverige spelar skogen en mycket stor roll vad gäller totala balansen för avgång och upptag av växthusgaser. De totala utsläppen av växthusgaser i Sverige, exklusive markanvändningssektorn LULUCF, var i storleksordningen 51 miljoner ton CO<sub>2e</sub> år 2019 (Naturvårdsverket, 2021). Samma år beräknades upptaget av växthusgaser till markanvändningssektorn till 35 miljoner ton CO<sub>2</sub>. Det dominerande sänkan var brukad skog, "forest land remaining forest land", även om man exkluderar kolupplagringen i HWP (Figur 4). Den årliga ökningen av kolförråden i den svenska skogen är således mycket stor i relation till utsläppen av växthusgaser från alla andra sektorer i Sverige.



**Figur 4.** Årligt upptag av växthusgaser till olika delar av den brukade skogen i Sverige, "forest land remaining forest land", fram till år 2019. Ett negativt värde indikerar ett upptag från atmosfären. Källa: "National Inventory Report", NIR, Sveriges submission till rapportering till FNs klimatkonvention" (UNFCCC), 2021, "Common Report Format", CRF tabell 4a. Med "HWP" menas kolupplagring i produkter.

Den största ökningen av kolförråden i den svenska skogen sker i den levande biomassan. Detta beror i sin tur på att på en landskapsnivå är skogens tillväxt högre än avverkningen (Figur 5). Modellsimuleringar visar att upptaget av CO<sub>2</sub> till den svenska skogen sannolikt kan fortgå med samma omfattning till in på nästa århundrade (Lundblad, 2019). Kolförrådet ökar även i död ved samt i markkolet i mineraljorden.



**Figur 5.** Årlig tillväxt (inklusive tillväxt på avverkade träd), årlig total avgång och årlig avverkning. 1956-2014 i den svenska skogen. Alla ägoslag förutom fjäll och bebyggd mark. Exklusive nationalparker, naturreservat och naturvårdsområden skyddad från skogsbruk enligt 2017 års gränser. Glidande femårsmedelvärde. Källa: Skogsdata, 2018. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning.

Påverkan på klimatet från aktiviteter inom den skogliga sektorn vad gäller boreala och nordliga tempererade skogar är föremål för en omfattande debatt, såväl vetenskapligt (till exempel Eyvindson et al 2021) som i massmedia. Det råder inte konsensus kring vilka olika framtida alternativ, vad gäller avverkningsnivåer etc. som är optimala när det gäller att begränsa eller motverka klimatpåverkan på olika tidsskalor (se till exempel JRC, 2021; Soimakallio m. fl., 2021; Skytt m. fl., 2021). Dock råder enighet kring vilka alternativ som definitivt bör undvikas och vilka som har någon form av gynnsam inverkan på klimatet. Därför måste en metodik för att beräkna klimatpåverkan från den svenska skogliga sektorn framöver kontinuerligt uppdateras, utifrån ny kunskap.

Skog och skogsbruk påverkar klimatet på ett flertal olika sätt. Alla dessa aspekter kan givetvis inte inkluderas i föreslagna indikatorer.

Nedan listas några olika, möjliga aspekter på klimatpåverkan från skogsbruk.

- Biogena förändringar i skogsekosystemen
  - Förändringar av kolförråden i:
    - Levande biomassa
    - Död biomassa
    - Mark
  - Uttransport av kol från skogsekosystemen med avrinningen till ytvatten
  - Påverkan på skogslandskapets albedo (reflektion av inkommande solstrålning)
  - Avgång av partikelbildande ämnen från skogen till atmosfären som bland annat kan ge upphov till molnbildning
  - Upptag och avgång av andra växthusgaser än CO<sub>2</sub> (metan (CH<sub>4</sub>), lustgas (N<sub>2</sub>O) etc.)
- Fossila utsläpp som genereras vid skogsbruk
- Anläggning av skogsbilvägar etc.



- Markanvändningens påverkan på regional meteorologi, till exempel påverkan på "surface roughness", som i sin tur påverkar luftmassornas omblandning

Ur listan ovan utgör biogen påverkan genom förändringar av kolförråden den som har störst betydelse. En central och omdiskuterad fråga är vad som är optimalt för klimatet vad gäller att avverka skog, och dra nytta av positiva klimateffekter av producerad skogsråvara, jämfört med att minska avverkningen för att på så sätt maximera kolupplagring i skogsekosystemen. Flera vetenskapliga studier har analyserat frågan kring optimal avverkningsnivå med relevans för nordiska förhållanden. Soimakallio m. fl. (2021) har analyserat olika scenarier för klimatpåverkan för finländsk skoglig sektor, med avseende på årligt koldioxidupptag från och avgång till atmosfären, utifrån olika nivåer på skogsavverkningen. Scenarierna utgick från nuvarande situation och involverade två olika scenarier med en ökad årlig avverkning. Analyserna inkluderade förändringar av förråden av kol i skogsekosystemen och i skogsbaserade produkter såväl som substitution i form av förändringar i undvikna utsläpp av CO<sub>2</sub> från användningen av fossila råvaror. Man inkluderade dock inte möjligheter att öka tillväxten i skogen. Den övergripande slutsatsen från Soimakallio m. fl. (2021) var att en ökad avverkning sammantaget skulle minska skogens gynnsamma inverkan på klimatet.

Skytt m. fl. (2021) beräknade den samlade klimatpåverkan för olika scenarier med olika nivåer på avverkningen för olika delar av Sverige, inklusive förändringar av kolförråden i skogen och HWP samt substitution. De olika delarna av Sverige hade olika produktivitet, men man inkluderade inte något specifikt scenario för ökat tillväxt. För en tidsperiod på 20 år beräknade man att en minskad avverkning skulle öka skogens gynnsamma påverkan på klimatet i alla delar av Sverige. Över tidsperioder >100 år medförde dock ett scenario där avverkningen helt upphört en minskning av skogens gynnsamma påverkan på klimatet. En minskning av avverkningen från dagens 80% av tillväxten till 60% av tillväxten ökade dock skogens gynnsamma påverkan på klimatet över alla tidsperioder och i alla delar av Sverige.

Lundblad (2019) gjorde beräkningar för olika scenarier för de svenska skogsekosystemens utsläpp och upptag av växthusgaser, inklusive beräkningar av substitutionseffekter för en kommande hundraårsperiod. Scenarierna belyste möjliga effekter på skogens tillväxt och klimatrelaterade skador av ett förändrat klimat samt innefattade substitutionseffekter. Situationen under perioden 2000–2009 användes som jämförelsesscenario. Scenarier för *minskad och ökad efterfrågan* användes för att analysera konsekvenserna av olika framtida handlingsalternativ. Skillnaderna i klimatnytta mellan de olika scenarierna var relativt små under de första 50 åren. Initialt för scenariot *minskad efterfrågan* (med 10% minskad avverkning, allt annat konstant) ökar kolinbindningen men substitutionseffekten minskade, vilket innebar att den beräknade klimatpåverkan inte skilde sig så mycket från jämförelsesscenario. På kort sikt, blev den årliga klimatnyttan drygt 30% högre i scenariot *minskad efterfrågan*. Efter 100 år var klimatnyttan störst i scenariot *ökad efterfrågan*, dvs där både tillväxt och avverkning hade ökat. Den övergripande slutsatsen från Lundblad (2019) var att på kort sikt resulterade en minskad skogsavverkning i en något ökad klimatnytta. På lång sikt var klimatnyttan större vid en kombination av ökad tillväxt och ökad avverkning.

Sammanfattningsvis visar tre olika studier av klimatpåverkan från den skogliga sektorn av relevans för Sverige att en minskad avverkning kan, sammantaget över hela värdekedjan, vara gynnsamt för klimatet i ett framtida tidsperspektiv av några decennier.

Inom Sveriges klimatrapportering anges att inom markanvändningskategorin skog ("forest land remaining forest land") är det förändringar av CO<sub>2</sub> som är helt dominerande, upptag/avgång av de andra växthusgaserna metan (CH<sub>4</sub>) och lustgas (N<sub>2</sub>O) är försumbara. Det är således motiverat att i detta arbete

med indikatorer för klimatpåverkan från skogsbruk utelämna påverkan på upptag/avgång av CH<sub>4</sub> och N<sub>2</sub>O, vad gäller beräkningar av indikatorer för skogsbrukets klimatpåverkan.

Förråden av kol upplagrat i den svenska skogsmarken är mycket stora och de årliga förändringarna är relativt sett små. Detta gör att osäkerheterna i uppskattningarna av de årliga förändringarna av markkolet blir stora. Uppbyggnaden av markens kolförråd beror i hög grad på nedbrytningshastigheten av dött organiskt material och därmed inte enbart på produktionen av förna som tillförs marken (Stendal, 2017). Kolförråden i marken är högre i södra Sverige, beroende på en högre tillväxt och mer stående biomassa per hektar. Trädslaget respektive ekosystemets fuktighetsklassning spelar mindre roll för markens kolupplagring på mineraljord. Inte heller omfattningen på avverkningar verkar långsiktigt påverka markkolet (Gundersen et al., 2014).

Det är svårt att finna generella värden för årligt upptag och avgång till och från kolförråden i skogsmark på mineraljord, så kallade emissionsfaktorer. I Sveriges senaste klimatrapporering (Naturvårdsverket, 2021) rapporteras för Sverige som helhet för året 2019 en förändring av kolförråden för skogsmark på mineraljord på -13.4 Mt CO<sub>2</sub> fördelat på 28 Mha skogsmark (all skogsmark, inte bara produktiv skogsmark). Detta ger en genomsnittlig emissionsfaktor för Sverige som ett upptag på ca -0.5 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Ågren m. fl. (2008) beräknade att markkolet i svensk skogsmark som helhet har under perioden 1926–2000 ökat med i storleksordningen 0,1 ton ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Detta var sannolikt en underskattning eftersom man överskattade nedbrytningshastigheten i fuktiga skogar. Stendahl (2017) anger att kolförråden i fastmark på mineraljord ökar svagt i södra Sverige med cirka 0.09 ton ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> men minskar svagt i norr med 0.08 ton per ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

En av de största osäkerheterna vad gäller förändringar av skogens kolförråd är balansen för marker där skog planterats på torvmarker, s.k. organogena jordar (Histosoler). På grund av låg syretillförsel till myr- och torvmarker sker en låg nedbrytning av organiskt material, som därmed lagras upp som torv. Sverige har ca 10 miljoner ha torvtäckt mark (Björheden, 2020). Av dessa är ca 5-6 miljoner ha produktiv skogsmark (LUSTRA 2007; Björheden, 2020). Mer än 1,5 miljoner ha torvmark har dikats med syfte att producera skog i Sverige. Avgången av växthusgaser från beskogade torvmarker påverkas av olika faktorer såsom torvmarkens grundvattennivå, som i sin tur bestäms av dikesdräneringen, samt torvmarkens näringsstatus (Skogsstyrelsen, 2021; Lindgren & Lundblad, 2014). Dessutom påverkar klimatet, vilket ligger bakom skillnader mellan norra och södra Sverige. Vid dikning och/eller plantering av skog sänks grundvattennivån, syretillförseln ökar och det kan på kort tid ske en betydande nedbrytning av det organiska materialet och därmed en avgång av koldioxid till atmosfären. För nydikning krävs tillstånd från länsstyrelsen. Skyddsdikning vid avverkning samt rensning av befintliga diken till ursprungligt djup kräver inget tillstånd.

Dikade skogsmarker kan uppta eller avge de tre växthusgaserna koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) och lustgas (N<sub>2</sub>O). Effekten av dikning är att avgången av koldioxid och ibland lustgas ökar, medan avgången av metan minskar och vice versa vid återvätning av torvmarker (Skogsstyrelsen, 2021). Trots ett ökat upptag av koldioxid i biomassa som ett resultat av ökat trädttillväxt kan hela ekosystemet (skog och mark) i vissa fall bli en källa för växthusgaser efter dikning, främst beroende på en avgång av metan (Björheden, 2020). Detta beror starkt på vilken tidshorisont man beaktar (Skogsstyrelsen, 2021).

Dikad skogsmark i Sverige släpper ut motsvarande i storleksordningen 10-15 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Detta är i samma storleksordning som utsläpp av växthusgaser från transportsektorn i Sverige. Hade denna mark inte dikats hade utsläppen uppskattningsvis uppgått till cirka 5 miljoner ton CO<sub>2</sub> per år (LUSTRA, 2007).

På grund av en ökad efterfrågan av skogsråvara har det under de senaste åren diskuterats att utöka dikningen av torvmarker för skogsplantering samt att rensa gamla diken på skogbeväxta marker för att öka tillväxten (Skogsstyrelsen, 2021). Om en inköpt vedråvara härrör från skogsmarker som nyligen dikats för att uppnå en ökad skogstillväxt, kan man anse att den efterfrågan som skapats av inköpet har givit upphov till en ökad avgång av koldioxid från skogsmarken ifråga, inte ett ökat upptag. Spårbarheten för den inköpta vedråvaran är därför av stor betydelse för trovärdigheten vad gäller den klimatnytta som kan knytas till skogsråvaran. Man måste visa att den inköpta skogsråvaran härstammar från ett skogsbruk som bedrivits enligt bärkraftiga principer vad gäller balanser av växthusgaser. I praktiken innebär detta att vedråvaran helst skall härstamma från skogsbruk som bedrivits huvudsakligen på mineraljordar, men att det åtminstone inte bedrivits några betydande dikningsaktiviteter på senare tid för att öka tillväxten inom de bestånd som vedråvaran kommer ifrån.

Avgången av CO<sub>2</sub> från skogsekosystemen efter slutavverkningar ökar temporärt efter avverkning (se till exempel Lundmark m. fl., 2016). Vid processbaserade beräkningar av kolbalanser av CO<sub>2</sub> för skogsbestånd måste detta tas hänsyn till.

### 3.3. Grundläggande metodik

Metodikerna för att beräkna förändringar i kolförråden i olika delar av skogsekosystemen beskrivs i detalj i Bilaga 1. Nedan ges en översiktlig beskrivning.

#### 3.3.1. Grundläggande principer och metodik

Skogsbruket påverkar klimatet på flera olika sätt. Fossilt baserade växthusgaser, främst CO<sub>2</sub>, avgår till atmosfären i samband med skogsbruksåtgärder. Denna delindikator benämns KL<sub>foss</sub>. Vad gäller påverkan på klimatet som har ett biogent ursprung utgör förändringar över tid av de samlade kolförråden i skogsekosystemen en av de viktigaste påverkansfaktorerna. Detta är den indikator vi väljer att representera biogent relaterade påverkansfaktorer för skogsbrukets påverkan på klimatet. Denna delindikator benämner vi KL<sub>bio</sub>. Skogsbrukets totala klimatpåverkan, KL<sub>tot</sub> utgörs således av KL<sub>foss</sub> + KL<sub>bio</sub>. Upptag från atmosfären har ett negativt tecken, utsläpp till atmosfären har ett positivt tecken. Det är viktigt att de indikatorer som används för skogsbruk och resterande värdekedjor är kompatibla, så att de kan slås samman. Den enhet som används för alla indikatorer som beskriver klimatpåverkan blir därför en årlig förändring av koldioxidekvivalenter, CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>.

KL<sub>bio</sub> är i de flesta fall avsevärt större i absolutvärde jämfört med KL<sub>foss</sub> (till exempel Hagberg m. fl., 2008). Inom livscykelanalys väljer man dock vanligtvis att redovisa beräkningar för KL<sub>foss</sub> och KL<sub>bio</sub> separat, för såväl karakteriserings- som påverkansfaktorer. Skälet är den principiella skillnaden mellan fossil och biogen klimatpåverkan.

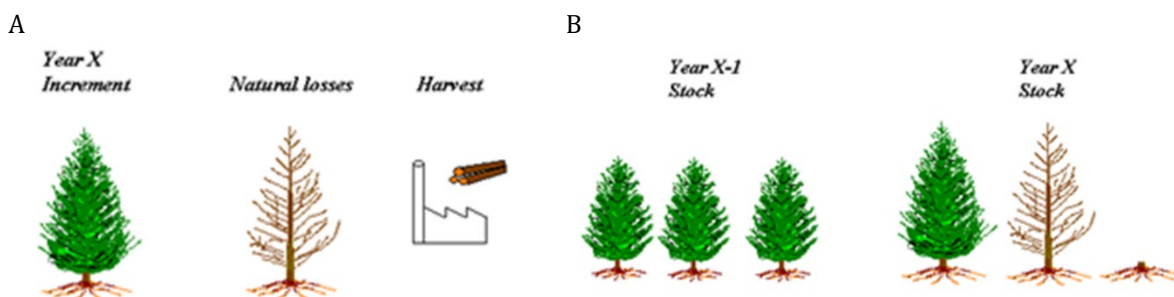
#### 3.3.2. Balanser för biogena växthusgaser

Indikatorn för biogen påverkan på klimatet från svenskt skogsbruk, KL<sub>bio</sub>, definieras som en arealbaserad, årlig balans av kolförråden inom skogsbrukarens hela areal av produktiv skogsmark uttryckt som CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Vid den slutliga beräkningen av påverkansfaktorn multipliceras detta med arealen som använts för att producera skogsråvaran.

Förändringar av de biogena kolförråden i skogsekosystemen kan beräknas utifrån två olika angreppssätt, Figur 6.

#### 1. Processbaserad metodik som appliceras för ett visst år

## 2. Upprepade förrådsbestämningar vid minst två olika tidpunkter



**Figur 6** En illustration av två principiella sätt att beräkna förändringar av kolförråden i skogsekosystemen. A, En processbaserad metodik som appliceras för ett visst år; B, En upprepad beräkning av kolförråden vid två olika tidpunkter. Illustrationen har hämtats från Sveriges klimatrapportering och modifierats något.

Den processbaserade metodiken fokuserar på ett visst år och utifrån olika processer beräknar man årliga förändringar i de olika kolförråden. De processer som används kan vara årlig bruttotillväxt, årliga uttag med avverkningar samt årlig naturlig avgång. Även olika emissionsfaktorer används t ex för markkol. För metoder baserad på upprepade förrådsbestämningar utgår man från upprepade inventeringar/beräkningar av kolförråden över tid, utförda med samma metodik och idealiskt sett för samma platser. Utifrån detta beräknar man årliga förändringar. Denna metodik används inom Sveriges klimatrapportering. Dock används även här i vissa fall emissionsfaktorer t ex för kolförrådsförändringar i organogena jordar.

Analyser av olika framtida scenarier för svenskt skogsbruk inom BioMapp avses utgå i första hand från beräknade värden från Heureka-modellen. Heureka producerar tidsserier som kan användas för upprepade förrådsberäkningar. För andra applikationer, t ex beräkna klimatpåverkan från skogsbruk för en viss skogsbrukare, kan det dock vara aktuellt med att använda en processbaserad metodik.

Årlig förändring av de olika kolförråden beräknas som beskrivits tidigare för skogsbrukarens hela innehav av produktiv skogsmark, inklusive frivilliga avsättningar. Om impediment skall inkluderas eller ej får avgöras separat för olika tillämpningar. Om formellt avsatta områden skall inkluderas får avgöras beroende på tillämpning.

### 3.3.2.1 Levande biomassa

Förändringar av virkesförråden översätts till förändringar av kolförråden i den levande biomassan ovan och under jord, baserat på IPCCs "default-metod" (Penman et al., 2003), modifierad för svenska förhållanden av Von Arnold et al. (2005).

För metodiken baserad på upprepade bestämningar av kolförråden används i första hand resultat från Heureka-modellen, som skattar hur virkesförråden samt död ved och markkolet inom det aktuella området förändras över tid. Det är även tänkbart att information finns tillgänglig från upprepade inventeringar av virkesförråden gjorda av skogsbrukaren. För en processbaserad metodik beräknas förändringen i virkesförrådet för ett visst år, baserat på beståndsspecifika årliga uppgifter om bruttotillväxt, naturliga avgångar samt vid avverkningsåtgärder. I andra hand används länsvis information

om bruttotillväxt, naturliga avgångar samt bortförsel med röjning, gallring och slutavverkningar, till exempel från SKA-15, skalat utifrån skogsbrukarens areal.

#### 3.3.2.2 Död biomassa

Beräkningar av förändringar i kolförråden i död biomassa grundar sig på metodik enligt Sveriges klimatrapportering. Förna ingår ej i död biomassa. Årliga beräkningar av volymerna död ved för olika kategorier av nedbrytningsstadium fås från Heureka. Metodiken kan även grunda sig på skogsbrukarens egna upprepade inventeringar av död ved. I sista hand används länsvis information från SKA-15, nedskalad till skogsbrukarens areal. Förutom gallring och slutavverkning beror produktionen av död ved till stor del på processer som är svåra att förutsäga, t ex angrepp av granbarkborre, torka mm. Vi känner inte till någon processbaserad modell för att beräkna produktionen av död ved, samt dess nedbrytning över tid, utifrån t ex uppgifter om virkesförråd, trädslag, bonitet etc. Om detta finns kan det användas.

#### 3.3.2.4 Markkol

##### Mineraljord

I förrådet markkol ingår förna, kol i humuslagret samt kol i mineraljorden, ner till ett djup av ner till 1-2 m, räknat från mineraljordens översta del. I första hand används resultat från Heureka och där ingående markmodeller, för beräkningar av årliga förändringar av markkolet i mineraljorden. I andra hand används emissionsfaktorer för upptag/avgång av växthusgaser, baserat på arealerna skog på mineraljord. Emissionsfaktorerna påverkas i första hand av klimatet så olika faktorer får användas i olika delar av landet. Om markberedning används efter avverkning tas hänsyn till detta.

##### Organogena jordar

För upprepade beräkningar av kolförråden i skogsbevuxna torvmarker används i första hand data från Heureka och där ingående markmodeller. Alternativt används en förenklad beräkning baserat på emissionsfaktorer. De skogsbevuxna torvmarkerna delas in i olika klasser, baserat på näringsrikedom och dränering samt geografiskt läge.

##### Förna

Heurekamodellen med tillhörande markmodeller kan efter specialbeställning beräkna tidsserier vad gäller förändringar i kolförråden i förna.

#### 3.3.3 Samlad beskrivning av metodik för biogen klimatpåverkan från skogsbruket

En indikator för den samlade årliga, biogena klimatpåverkan från skogsbruket inom skogsbrukarens hela areal av produktiv skogsmark,  $KL_{bio}$ , beräknas med en absolut enhet, ton  $CO_2e$   $ha^{-1}$   $år^{-1}$

$$KL_{bio} = [(\Delta BC_L) + (\Delta BC_D) + (\Delta MC_{min}) + (\Delta MC_{org})] / A_{Prod} \quad (5)$$

där

$KL_{bio}$  = indikator för biogen klimatpåverkan från skogsbruk i skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark, ton  $CO_2e$   $ha^{-1}$   $år^{-1}$

$\Delta BC_L$  = årlig förändring av förrådet av kol i den levande biomassan i skogsbrukarens hela bestånd, inklusive ovan och under jord, ton  $CO_2e$   $år^{-1}$

$\Delta BC_D$  = årlig förändring av förrådet av kol i den döda biomassan i skogsbrukarens hela bestånd, exklusive förna, ton CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>

$\Delta MC_{min}$  årlig förändring av förrådet av markkol i mineraljorden i skogsägarens hela bestånd, ton CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>, inklusive förna och det organiska jordlagret (O-horisonten), kan beräknas utifrån upprepade markinventeringar, alternativt utifrån emissionsfaktorer enligt:

$$\Delta MC_{min} = E_{min} * A_{min} \quad (6)$$

$E_{min}$  = Emissionsfaktor för årlig förändring i förråden av markkol i skogsmark på mineraljord, inklusive förna och det organiska jordlagret (O-horisonten), i skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark, ton CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

$A_{min}$  = areal av skogsmark på mineraljord, ha

$\Delta MC_{org}$ , årlig förändring av förrådet av markkol i organogena jordar (skogsbeklädda torvmarker) i skogsägarens hela bestånd, ton CO<sub>2e</sub> år<sup>-1</sup>, inklusive förna beräknas utifrån emissionsfaktorer enligt:

$$\Delta MC_{org} = (E_{org1} * A_{org1}) + (E_{org2} * A_{org2}) + (E_{org3} * A_{org3} \dots) \quad (7)$$

$E_{orgn}$  = Emissionsfaktor för årlig förändring i förråden av markkol i skogsmark på dikade organogena jordar, inklusive förna, i skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark, ton CO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

$A_{orgn}$  = areal av skogsmark på dikade organogena jordar, ha

De organogena jordarna delas upp i olika klasser, främst beroende på att skogsbrukaren har ett direkt inflytande över olika dikningsåtgärder som starkt påverkar upptag och avgång av växthusgaser från dessa marker.

n representerar olika klasser av dikade skogsmarker, baserat på dränering, för sistnämnda 1) befintliga diken sedan lång tid; 2) återvätning genom nyligen igensatta diken. Klassningen baseras även på torvmarkernas näringsstatus samt på position i landet. Tidshorisonten vad gäller "nyligen" genomförda åtgärder sätts till 20 år. Klasserna beskrivs i detalj i Bilaga 1.

$A_{Prod}$  = skogsbrukarens hela areal av produktiv skogsmark, ha.

### 3.2.3.5 Inverkan från slutavverkning

En tid efter en slutavverkning förändras balanserna i kolförråden i skogsekosystemen kraftigt. Mineraliseringen av avverkningsrester ökar avgången av CO<sub>2</sub>. Även omrörningar av marken medför en ökad CO<sub>2</sub> avgång. Beräkningar med Heureka tar hänsyn till dessa förändringar. Vid en processbaserad metodik behöver den temporära förändringen av kolförråden inkluderas i beräkningarna.

### 3.3.4. Utsläpp av fossila växthusgaser

För beräkning av utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk i absoluta värden,  $KL_{fos}$ , används den metodik som beskrivs inom Skogforsk arbetsrapport (Ågren m. fl., 2021). Information om utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruksåtgärder finns tyvärr inte med regional upplösning, utan nationella värden får användas. På sikt kan skördardata komma att ge uppgifter på fossila utsläpp, inklusive drivmedelstyp.

Även  $KL_{fos}$  relateras till skogsbrukarens hela areal av produktiv skog och beräknas med en absolut enhet, ton  $CO_{2e} ha^{-1} \text{år}^{-1}$ . Data för utsläpp av växthusgaser i samband med skogsbruksåtgärder ges vanligtvis relaterat till avverkad areal, alternativt avverkad virkesvolym. Detta måste då räknas om till att baseras på skogsbrukarens totala areal av produktiv skog. Detta genomförs exempelvis genom att emissioner per avverkad areal multipliceras med årlig avverkad areal och därefter divideras med skogsbrukarens totala areal av produktiv skog. På samma sätt beräknas utsläpp från till exempel markberedning.

### 3.4. Karakteriseringsfaktor

Karakteriseringsfaktorer för påverkan från skogsbruk på klimatet beräknas separat för biogena och fossila växthusgaser, ( $KF_{KL_{bio}}$ ) och ( $KF_{KL_{fos}}$ ), baserat på ekvationerna 2 ovan.

För indikatorn för biogen klimatpåverkan från skogsbruk föreslår vi att referensscenariot baseras på den för Sverige antagna "Forest Reference Level", FRL, inledningen av detta kapitel. Den för Sverige antagna FRL som gäller för åren 2021–2025 är ett upptag från atmosfären på 34,3 Mt  $CO_{2e} \text{år}^{-1}$  (Miljödepartementet, 2019). Detta är ett nationellt värde som baseras på beräknade balanser för kolförråden i den svenska skogen för åren 2000–2009 (Lundblad, 2019). Det är önskvärt med regionalt förankrade referensscenarion, för att ta hänsyn till naturgivna och klimatrelaterade förutsättningar för produktion av skogsråvara. Vi föreslår att det nationella värdet för FRL kan fördelas länsvis baserat på de olika länens övergripande produktivitet, baserat på nuvarande årsvisa tillväxt. Länsvis andel av den totala nationella skogstillväxten beräknades utifrån årlig tillväxt, inklusive alla trädslag (Skogsdata 2021, tabell 3.31a). Denna andel multiplicerades för respektive län med det nationella värdet för FRL, för att beräkna en länsvis FRL. Denna länsvisa FRL dividerades med arealen virkesproduktionsskog i länet, för att generera ett arealbaserat länsvis värde för FRL, uttryckt som  $tCO_{2e} ha^{-1} \text{år}^{-1}$ . Resultaten visas i Tabell 1.

**Tabell 1.** Arealbaserat länsvis värde för FRL, att användas som länsvisa referensscenarier för en karakteriseringsfaktor för skogsbrukets påverkan på klimatet.

Län	t $CO_{2e} ha^{-1} \text{år}^{-1}$	Län	t $CO_{2e} ha^{-1} \text{år}^{-1}$
Norrbotten	0.69	Södermanland	1.82
Västerbotten	0.98	Östergötland	1.91
Jämtland	1.15	Västra Götaland	1.85
Västernorrland	1.60	Jönköping	1.83
Gävleborg	1.57	Kronoberg	1.71
Dalarna	1.18	Kalmar	1.82
Värmland	1.67	Gotland	0.94
Örebro	1.70	Halland	2.08
Västmanland	1.67	Blekinge	2.28
Uppsala	1.76	Skåne	2.29
Stockholm	1.81		

För indikatorn för fossil klimatpåverkan från skogsbruk föreslår vi att referensscenariot baseras på länsvisa utsläpp av fossila växthusgaser som kan förknippas med skogsbruksåtgärder, baserat på samma typ av beräkningar som görs för den enskilda skogsbrukaren, för det län där huvuddelen av skogsbrukarens skog är belägen. Detta genomförs exempelvis genom att emissioner per avverkad areal multipliceras med årlig avverkad areal i länet och därefter divideras med länets totala areal av produktiv skog. De fossila utsläppen kommer då att bero av hur stor andel av den produktiva skogen som årligen

avverkas, i relation till den totala arealen produktiv skog, hos skogsbrukaren respektive som ett genomsnitt för länet. Liknande beräkningar görs till exempel för markberedning.

Vi ser i nuläget inga logiska värden för preferens- och indifferensvärden för klimatpåverkan från skogsbruk. Vi föreslår därför som en tillfällig lösning att som preferensvärde används ett länsvis värde som är dubbelt så högt som det länsvisa referensscenariot. Motsvarande för indifferensvärdet föreslår vi ett tillfälligt värde som är 10% av det länsvisa referensscenariot.

### 3.4. Påverkansfaktor

På motsvarande sätt beräknas påverkansfaktorerna separat för ( $PF_{KLbio}$ ) och ( $PF_{KLfos}$ ) enligt ekvation 3 ovan genom att multiplicera karakteriseringsfaktorn med skogsbrukarens totala areal av virkesproduktionsskog och dividera med den årliga produktionen av skogsråvara.

### 3.5 Databehov för beräkningar av kolinnehåll (och växthusgasbalanser) för olika förråd i skogsekosystemen

I Bilaga 2 görs en översiktlig sammanställning av databehovet för att kunna beräkna klimatpåverkan från skogsbruket för en viss skogsbrukare i fallet då processbaserad metodik används. För metodiken med upprepade inventeringar måste datauppgifter anges för minst två olika tidpunkter för att kunna beräkna förändringar av kolförråden. Det måste vara minst fem år mellan tidpunkterna och som mest 20 år. Heureka-modellen producerar resultat med tidsserier som kan uppfylla dessa krav.

### 3.6. Relationer till andra förslag till indikatorer för klimatpåverkan från skogsbruk

#### 3.6.1 Skogforsk arbetsrapport 2021

Skogforsk har i en nyutkommen rapport (Ågren m. fl., 2021) beskrivit metodik för att samla in bakgrundsdata att användas i en branschgemensam PCR (PCR, 2020). Fokus för rapporten ligger på kolflöden och påverkan på klimatet. Systemavgränsningen i innevarande rapport har varit den enskilde skogsbrukaren medan det i Skogforsk rapport har insamlats data separat för skogsbruket i fyra svenska regioner, uppdelat på tre trädslag och fyra produkter. Det betyder att relationen mellan tillväxt och avverkning hos den enskilde skogsbrukaren inte påverkar dessa beräkningar. Vidare inkluderades påverkan från transport av skogsråvara till industri, vilket inte var fallet i innevarande rapport.

Metodiken vad gällde biogent kol skilde sig en del från den som används inom svensk klimatrapporering och därmed även mot den som används i innevarande rapport. Den grot, de naturliga avgångar och övrig "död ved" som lämnas i skogen under ett specifikt år betraktas som helt förmultnat under det året. Varken emissioner eller kollinlagring i stubbar och rötter räknats in. Kolflöden till och från skogsmark uppskattades i ett landskapsperspektiv vara i balans och sattes därför till noll. Det anges ingen referenssituation för svenskt skogsbruk, kolflöden beräknas endast i absoluta mått.

Det kan vara intressant att testa hur resultaten från den metodik som beskrivs i innevarande rapport skiljer sig från den som presenteras i Skogforsk arbetsrapport. Detta kommer sannolikt att kunna analyseras genom testberäkningar för en större skogsägare inom ramen för MDF.



## 4. Sociala indikatorer

### 4.1. Syften och avgränsningar

I detta kapitel föreslås indikatorer som beskriver sociala aspekter från skogsbruk och skogsekosystemen. Indikatorer som beskriver påverkan från resterande värdekedjor fram till och med färdiga produkter omfattas inte och kommer att utredas i ett senare skede. Indikatorerna som beskriver sociala aspekter från skogsbruk och skogsekosystemen har dock utformats så att det är möjligt att summera sociala aspekter över hela den skogliga sektorns värdekedjor.



Som diskuterats i inledande kapitel avser vi att ta fram hållbarhetsindikatorer som gäller skogsbruk på landskapsnivå, inte för enskilda bestånd. Detta gäller även för sociala indikatorer som bedöms på landskapsnivå för skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark som innehåller skogsbestånd i olika utvecklingsfaser under respektive omloppstid. Inledningsvis behandlar vi i detta kapitel grundläggande principer och en översikt om skogens sociala värden inom skogsbruket och hur dessa inbegrips inom olika lagar och initiativ. Därefter ger vi en översikt över tillgängliga indikatorer och sätt att mäta skogens sociala värden följt av specifika förslag till indikatorer.

### 4.2. Inledning

Skogen har under en lång tid varit en viktig ekonomisk resurs och gett oss råvaror och produkter. Förutom att minska klimatförändringen och vara viktig för biologisk mångfald, bidrar skogen också till stora upplevelsemässiga och rekreativa värden, det vill säga sociala värden. Skogens sociala värden har av Skogsstyrelsen definierats som de värden som skapas av människans upplevelser av skogen (Skogsstyrelsen, 2013). Dessa värden rör skogens betydelse för hälsa, välbefinnande och en god livsmiljö, fritidsupplevelser, friluftsliv och turism, upplevelsevärden och sociala naturkvaliteter, estetiska värden, pedagogik och kunskap om skog och miljö, lek, samvaro och sociala relationer, intellektuell och andlig inspiration, identitet och kulturarv mm. (ibid.).

Vissa av dessa värden gynnas genom aktiv skogsskötsel medan andra värden bevaras bäst genom att skogarna lämnas utan aktivt skogsbruk. Skogar som har betydelse för sociala värden har ett stort allmänt intresse då de erbjuder många viktiga funktioner för människors naturumgänge och skapar värden för samhället i form av folkhälsa, naturvård och attraktivitet (Skogsstyrelsen, 2016b).

Enligt riksdagens definition av Miljömålet Levande skogar ska "skogens kulturmiljövärden samt dess estetiska och sociala värden värnas." (Sveriges Miljömål, 2021) Det senaste decenniet har skogens sociala värden lyfts upp tydligare på agendan, vid sidan av de ekonomiska och ekologiska värdena.

### 4.3. Skogens sociala värden

För att kunna beskriva status och förändringar av skogens sociala värden krävs det att det går att identifiera indikatorer som direkt eller indirekt visar i vilken riktning de sociala värdena ändras i olika situationer till följd av till exempel skogsskötsel, klimatförändringar med mera. Det är en stor utmaning att göra ett urval av relevanta sociala indikatorer som speglar bredden av skogens sociala värden då det

inte finns någon allmänt vedertagen metodik eller framtagen enhetlig metod. Det finns dock många exempel av mått eller indikatorer som har använts i litteraturen för att visa hur man kan analysera och utvärdera tillståndet och utvecklingen av skogens sociala värden. Inom miljömålssystemet i Sverige används till exempel ett stort antal indikatorer som beskriver skogliga åtgärder, miljöhänsyn och tillstånd för att beskriva tillståndet och utvecklingen av miljön. Det finns dock endast få indikatorer inom miljömålssystemet som beskriver skogens sociala värden.

Det är viktigt att definiera vad som menas med skogens sociala värden då människor har olika preferenser och attityder av vad som utgör skogens sociala värden. Detta gör det till exempel svårt att finna mätbara men enkla termer för att på ett tydligt och konkret sätt beskriva vad som förväntas vid till exempel olika skogliga skogsbruksåtgärder. En svårighet är att de riktlinjer som finns såsom certifieringar, skogsvårdslagen och dokumenterade policys saknar en tydlig definition hur hänsyn ska tas kring de sociala värdena vilket skapar öppna tolkningar inom näringarna (Sjöqvist, 2017).

Det finns många olika definitioner av begreppet skogens sociala värden. Skogsstyrelsen definierar skogens värden som "de värden som skapas av människans upplevelser av skogen".

Dessa värden rör skogens betydelse för:

- hälsa, välbefinnande och en god livsmiljö
- fritidsupplevelser, friluftsliv och turism
- upplevelsevärden och sociala naturkvaliteter
- estetiska värden
- pedagogik och kunskap om skog och miljö
- lek, samvaro och sociala relationer
- intellektuell och andlig inspiration
- identitet och kulturarv

Skogens miljöer för friluftsliv, rehabilitering och upplevelser av olika slag är också immateriella värden och funktioner som naturen ger. Dessa värden och funktioner brukar även benämnas som kulturella ekosystemtjänster (Hansen m.fl., 2014; Skogsstyrelsen, 2017). Utomhusrekreation och naturbaserad turism är två ekonomiska sektorer som växer väldigt snabbt och som antagligen får större och större vikt för skogsbruket i Sverige och som dessutom har en betydelsefull inverkan på människors hälsa och välmående (Hansen m.fl., 2014). Möjliga indikatorer som kan mäta dessa tillstånd och utvecklingen av dessa sektorer kan vara antal besök i skogen, betalningsvilja för ett besök eller det totala årliga värdet av skogsbesök.

Den goda tillgången på skog i Sverige genom allemansrätten gör att tillgängligheten blir enkel, och en del av vardagen. Detta kan vara en anledning till att de kulturella ekosystemtjänsterna inte haft så stort fokus som i andra länder i till exempel Syd- och Centraleuropa där tillgången till skog är mer begränsad. Friluftsliv, rekreation och naturbaserad turism är ekonomiska sektorer som växt snabbt de senaste åren och som får en ökande betydelse för skogsbruket i Sverige (Hansen m.fl. 2014). Inom skogsbruket handlar tillgänglighet om att den nuvarande tillgängligheten inte ska försämrats vid skogsbruksåtgärder. Skogsbrukaren har till exempel ansvar att ta hänsyn, medan kommunen och myndigheter ska arbeta för att främja tillgängligheten (Skogsstyrelsen, 2018).

Forskning visar att människor upplever skogar med *variation* i struktur, skogstyp, trädslag och som mer attraktiv än enformig skog. Andra faktorer som bidrar positivt till skogsupplevelsen är god *framkomlighet*,

*genomsikt och trädens ålder liksom lövinslag.* Stora träd upplevs också som positivt (Gundersen & Frivold 2008.; Stens, 2014). Vidare visar referensstudier att lättframkomlig avverkningsmogen skog utan underväxt har ett stort rekreativvärde (Rydberg & Aronsson, 2004; Björk 2018). Å andra sidan upplevs kalhyggen med död ved och högstubbar som oattraktiva inslag i skogslandskapet (ibid.). Vilken storlek på hyggen som mest påverkar rekreativvärden finns inget entydigt svar på. Ett hygge utan kvarlämnade träd och med raka hyggeskanter kan uppfattas som större och mer störande än ett hygge där kanterna följer terrängen och har kvarlämnade träd och träddungar. Hyggesstorleken kan vara viktig i närskogar och kan vara gynnsamt för friluftslivet om det öppnar upp för ljus och utsikt i ett i övrigt skogtäckt landskap (Skogforsk, 2021).

Tätortsnära skogar eller annan skog som är lättillgänglig för människor har generellt sett höga sociala värden (Skogsstyrelsen 2013). Generellt föredrar många att vistas i en skog som fått någon form av skötsel framför en skog som lämnats för fri utveckling (Tyrväinen m.fl. 2003; Gundersen & Frivold 2008; Linck, 2015). Gallring och röjning är skogsskötselåtgärder som uppskattas eftersom det ökar framkomligheten och sikten (Tyrväinen m.fl. 2003).

Det finns många synergieffekter mellan skogens ekologiska värden och skogens sociala värden. Biotopskydd, naturreservat och frivilliga naturvårdsavsättningar samt miljöhänsyn vid olika skogsbruksåtgärder ger förutsättningar för en variation i skogslandskapet med många olika slag av habitat och livsmiljöer vilket även kan bidra till ökade positiva upplevelser av skogen. På samma sätt som det kan finnas en konflikt mellan virkesuttag och biologisk mångfald eller rekreation kan det även finnas inneboende konflikter mellan naturvärden och sociala värden. Vidare finns det en koppling mellan skogens ekonomiska värden och sociala värden, då skogen utgör en ekonomisk samhällsresurs såväl som en viktig försörjning för de som äger, brukar och arbetar i den. De ekonomiska värdena blir därmed sociala värden för dessa skogsbrukare.

I Skogsstyrelsens sammanställning av kunskapsläget om skog och sociala värden (Skogsstyrelsen, 2013) föreslår myndigheten bland annat att forskningen stärks om bland annat skogens nyttjande för upplevelsevärden, hur hänsyn och skötsel kan utvecklas för att ta tillvara på skogens sociala värden och om hur metoder för deltagande- och dialogprocesser kan utvecklas. Forskning om skogens sociala värden har hittills främst inriktat sig mot rekreation och friluftsliv i tätortsnära skogar och i liten utsträckning på landsbygden (Björstig och Eriksson, 2017). Skogsbolag och aktörer med större skogsinnehav har i många fall utvecklat rutiner och arenor för samråd kring skogens sociala värden via FSC- och PFCE-certifiering, medan privata enskilda skogsbrukare i många fall har en mer diversifierad motivbild för sitt ägande och brukande (ibid.)

#### 4.4. Nationella lagar och initiativ

Några av Sveriges 16 miljö kvalitetsmål behandlar skogens sociala värden. Miljömålet "Levande skogar" anger bland annat att "skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas" (Skogsstyrelsen, 2019). Tre av de nio preciseringar som regeringen har fastställt för målet berör också direkt skogens sociala värden:

- Skogens ekosystemtjänster är vidmakthållna
- Natur- och kulturmiljövärden i skogen är bevarade och förutsättningarna för fortsatt bevarande och utveckling av värdena finns.
- Skogens värden för friluftslivet är värnade och bibehållna.

Skogens sociala värden berörs också av delar av miljöbalken. Kap 3 § 6 i miljöbalken anger att:

*”Mark- och vattenområden samt fysisk miljö i övrigt som har betydelse från allmän synpunkt på grund av deras naturvärden eller kulturvärden eller med hänsyn till friluftslivet skall så långt möjligt skyddas mot åtgärder som kan påtagligt skada natur- eller kulturmiljön. Behovet av grönområden i tätorter och i närheten av tätorter skall särskilt beaktas” (SFS 1998:808).*

I regeringsformens 2 kap. 15 § stadgas att ”alla ska ha rätt till naturen enligt allemansrätten” (SFS nr: 1974:152). Allemansrätten innebär i stort att alla har rätt att vistas i naturen utan att störa eller förstöra (Bengtsson 2004). Allemansrätten är en viktig förutsättning och grund för skapandet samt nyttjandet av skogens sociala värden.

I skogsvårdslagen berör paragraf 1 och paragraf 30 skogens sociala värden. Skogsvårdslagens portalparagraf (1§) anger att skogen ”ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls” och att hänsyn också ska tas till ”allmänna intressen” (SFS 1979:429). Enligt proposition 1992/93:226 om en ny skogspolitik som ligger till grund för den nuvarande svenska skogspolitiken hör rennäringens och kulturmiljövårdens intressen samt rekreations- och friluftshintresset till allmänna intressen. Skogsvårdslagens hänsynsparagraf (30§) anger vilken hänsyn som ska tas till naturvårdens och kulturmiljövårdens intressen vid skötsel av skog (SFS 1979:429). Föreskrifter och allmänna råd till paragrafen anger bland annat att utläggning av ett hygge och ett hygges storlek bör ske med hänsyn till rekreationsvärden och att det är särskilt angeläget att hyggesstorleken begränsas nära tätorter (SKSFS 2011:7). De anger också att stigar ska lämnas fria från avverkningsrester och att ”Skydds zoner med träd och buskar ska lämnas kvar vid skötsel av skog i sådan utsträckning som behövs av hänsyn till arter, vattenkvalitet, kulturmiljö, kulturlämningar och landskapsbild”.

I Skogsstyrelsens regeringsuppdrag och tillhörande rapport ”En analys av styrmedel för skogens sociala värden (Skogsstyrelsen 2018)”, menar myndigheten att det finns problem i målen för skogens sociala värden. Målen är vaga, fördelade på olika politikområden och myndigheter. Därmed försvåras implementeringen av kostnadseffektiva åtgärder och styrmedel. I arbetet med uppdraget har det därför varit svårt att analysera och ge förslag på förändringar i dagens åtgärder och styrmedel eftersom det är oklart vad dessa ska styra mot. En annan slutsats är att skogar med sociala värden ofta får stå tillbaka och försvinner till förmån för annan markanvändning.

#### **4.5 Exempel på sociala indikatorer i verktyg och modeller**

Nedan ges exempel på initiativ och processer som kan utgöra underlag för framtagande och användande av indikatorer som beskriver skogens sociala värden. I Bilaga 3 anges ett urval av indikatorer som vi hittat i litteraturen och som används i olika verktyg och modeller för att för att mäta och följa upp sociala värden.

##### **4.5.1 Miljömålet Levande Skogar**

Utöver de indikatorer som redovisas på miljömålswebben finns det övriga indikatorer och mått som Skogsstyrelsen beslutat om och som används i miljömålsuppföljningen. Endast ett fåtal av dessa indikatorer beskriver skogens sociala värden. För preciseringen friluftsliv finns det tre stycken indikatorer och ett mått som mäter tillgången till skog som är attraktiv för rekreation och friluftsliv. Inom preciseringarna ekosystemtjänster, grön infrastruktur och bevarande natur och kulturmiljövärden finns det indikatorer som har kopplingar till skogens sociala värden (Skogsstyrelsen, 2019). Indikatorer knutna till skyddad skog, exempelvis areal av biotopskyddsområden, naturreservat, naturvårdsavtal mm kan utgöra viktiga mått och indikatorer för att visa skogar med höga rekreationsvärden (och ofta biologisk

mångfald) på nationell eller regional nivå men tenderar att bli relativt "trubbiga" verktyg när de ska appliceras på skogägnivå.

#### 4.5.2 Certifieringssystem

Certifieringssystemen PEFC och FSC har krav på hänsynstagande för sociala- och rekreationsvärden i samband med skogliga åtgärder. PEFC standarden beskriver hur områden med höga rekreationsvärden ska identifieras utifrån tillgänglighet, nyttjande och upplevelsevärde, därefter dokumenteras. Bl.a. nya krav år 2020 på avsättningar för naturvårdsändamål (fem procent) som har kompletterats med krav på att ytterligare fem procent ska skötas med anpassade metoder för att bevara och utveckla naturvärden eller sociala värden. Anpassat brukande kan innebära förstärkt hänsyn, någon specifik naturvårdsåtgärd, kontinuitetsskogsbruk eller social hänsyn (FSC, 2020).

#### 4.5.3 ToSIA

Med hjälp av beslutsstödverktyget ToSIA (Verktyg för hållbarhetsbedömning, <http://tosia.efi.int/>) har European Forest Institute analyserat alternativa hållbarhetsbedömningar inom hela den skogliga värdekedjan där flera sociala indikatorer använts som ingångsvärden. Flera av dessa indikatorer beskriver processer i skogsbrukets värdekedja medan andra indikatorer speglar mer hur t.ex. ett skogsföretag arbetar med sociala aspekter på en övergripande företagsnivå. Se Tosia (2021a) för en översikt av de indikatorer som används.

#### 4.5.4. Rekreationsindex - Heureka

Heurekasystemet är en programserie utvecklad på SLU som låter användare göra en stor mängd olika analyser och planeringsansatser för skogsbruk. Systemet kan riktas mot ett flertal mål och göra kort- och långsiktiga prognoser av virkesproduktion, ekonomi, naturvård, rekreation och kolinlagring (SLU, 2021). I Heureka-systemet har ett rekreationsindex tagits fram och beskriver hur bra en skog är för mänsklig rekreation. Rekreationsindex antar värden mellan 0 – 1 där 1 anger högsta rekreationsvärdet på skogen och 0 anger det lägsta. Med ökad mängd död ved, liggande stockar, skörderester, tall- och granandel, stamantal och markskador minskar indexet för rekreation. Med större skiktning av skogen ökar rekreationsindex. Funktionen används i Heurekas modul PlanVis och baseras på studier som tyder på att det mänskliga rekreationsvärdet styrs av ovanstående faktorer. (Lindhagen & Hörnsten 2000). Modellen är additiv enligt principen Rekreationsindex,  $RI = a + b * x_1 + c * x_2$ . Modellen har de senaste åren utvecklats och inkluderar idag även rumsliga tillgänglighetsaspekter som till exempel avstånd till skog för rekreationsändamål (Eggers m.fl. 2018).

#### 4.5.5 Hyggesfritt skogsbruk

Skogsstyrelsen har nyligen i ett remissförslag (Skogsstyrelsen, 2021) definierat begreppet och skötselmetoden hyggesfritt skogsbruk: *"Hyggesfritt skogsbruk på skogsmark med produktionsmål innebär att skogen sköts så att marken alltid är trädbevuxen utan att det uppstår några större kala ytor"*.

Hyggesfritt skogsbruk kan ofta vara ett bra alternativ eller komplement i tätortsnära och andra välbesökta skogsområden eftersom många tycker att kalhyggen är oattraktiva och att täta ungskogar och likåldriga gallringsskogar inte inbjuder till friluftsliv (Skogsskötselserien, 2021). Rekreation och friluftsliv är också ofta ett starkt motiv för kommuner och andra skogsbrukare att bruka skogen utan hyggen. En välskött blädningsskog behöver dock inte vara optimal ur rekreationssynpunkt då många upplever att en "variation" i skogen är viktig. I en blädningsskog som helt domineras av gran är skogen homogen och genomsikten blir sämre. Regelbundna gallringar innebär att avverkningsavfall ligger på marken under en stor del av tiden och hindrar möjligheter till rekreation (ibid). En utmaning att använda indikatorer knutna till hyggesfritt skogsbruk är dessutom att det under en lång tid funnits

skilda bilder av begreppet mellan olika aktörer och att det inte har funnits någon tillräckligt beskrivande och accepterad definition.

#### 4.6. Detaljerade förslag till indikatorer för skogens sociala värden

Ett urval av indikatorer som beskriver skogens sociala värden har valts ut. I ett första skede bör denna data vara lättillgänglig via exempelvis offentlig statistik som möjliggör kvantifiering och uppföljning. Exempel kan till exempel vara fältdata och flygbildstolkade landskapsdata om den finns tillgänglig med hög upplösning och regelbundenhet så att enskilda skogsbrukares skogsareal kan urskiljas liksom ett referensscenario. Detta tillvägagångssätt möjliggör även sammanvägningar, jämförelser och avvägningar med andra hållbarhetsaspekter, till exempel klimatpåverkan och påverkan på biologisk mångfald och att dessa kan uttryckas på en normaliserad skala.

Eftersom forskning (se avsnitt 4.3.) visar att *faktorer som variation, framkomlighet, genomsikt och trädens ålder och trädstorlek och lättillgänglighet* är viktiga har detta också beaktats i urvalet av indikatorer som beskriver skogens sociala värden. Vår föreslagna metod beskriver olika arealer som uppfyller olika kriterier vad gäller positivt eller negativt uppfyllande av skogens sociala värden. Indikatorn är konstruerad så att arealer som uppfyller vissa kriterier summeras/subtraheras och sätt i relation till skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark. Metoden har stora likheter med vår föreslagna metod för biologisk mångfald då många indikatorer som beskriver positiv påverkan på biologisk mångfald också är positivt ur olika rekreationsaspekter. Urvalet har gjorts så att de sociala indikatorerna inte överlappar med föreslagna indikatorerna som beskriver biologisk mångfald, dvs. areal med gammal skog, areal med död ved, areal med grova träd, areal produktiv skogsmark med äldre lövrik skog.

Följande kriterier har valts ut:

- Areal eller andel (%) gles uppvuxen produktiv skog. I Heurekaanalyser, har gles skog definierats som skogsområden med träd där medelhöjden överstiger 10 meter och mindre än 1000 träd per hektar (t.ex. Eggers m.fl. 2015; Nordström m.fl. 2013).
- Areal med trädslagsvariation. Variation av trädarter kan öka rekreativvärdet i skogen. Eftersom gran och tall dominerar det svenska skogsbruket kan relativ förekomst av barrträd användas som proxy för att beräkna trädslagsvariation. I Heureka har trädslagsvariation definierats som andel trävolym av barrträd i ett bestånd jämfört med av total trävolym (Nordström m.fl. 2013).
- Areal med trakthyggen. Trakthyggen definieras som sammanhängande trakthyggen per areal och år (Eggers m.fl. 2015). Jämfört med de två andra faktorerna ovan är areal med trakthyggen en negativ faktor då trakthyggen upplevs som oattraktiva inslag i skogslandskapet.

Utifrån kriterierna ovan kan indikatorn beskrivas enligt följande:

$$\text{Indikator för sociala värden, } SO, (0-1) = (\sum (A_1, A_2, A_3, \dots)) / A_{\text{prod}} \quad (8)$$

där

$A_i$  är arealer som uppfyller olika kriterier (ha)

$A_{\text{prod}}$  är skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark (ha)

Arealerna ovan kan dessutom multipliceras med faktorer som tar hänsyn till rumsliga aspekter, t.ex tillgänglighet eller avstånd till skog för rekreationsändamål. Det kan vara lämpligt att ta hänsyn till hyggesstorlek när arealerna med hygges summeras.

#### 4.7 Beräkning av karakteriseringsfaktor

##### 4.7.1 Hur sätts referenssituationen?

För indikatorn för påverkan från skogsbruk på sociala värden föreslår vi att referenssituationen utgörs av ett värde för  $SO$ , beräknat som ett medelvärde för de samlade produktiva skogarna i länet där huvuddelen av skogsbrukarens innehav av produktiv skogsmark är lokaliserad.

##### 4.7.2 Hur sätts preferens och indifferensvärden?

För närvarande har vi inte underlag för att definiera preferens och indifferensvärden för en indikator för påverkan från skogsbruk på sociala värden. Vi föreslår därför att för att illustrera metodiken med exempelberäkningar används ett preferensvärde som är dubbelt så högt som värdet för referensscenariot och för indifferensvärde använde ett värde som är 10% av referensvärdet.

##### 4.7.3 Beräkning av karakteriseringsfaktor

En karakteriseringsfaktor för påverkan från skogsbruk på skogens sociala värden ( $KF_{SO}$ ) beräknas utifrån ekvation 2.

#### 4.8 Påverkansfaktor

Påverkansfaktorn ( $PF_{SO}$ ) beskriver hur karakteriseringsfaktorn kopplas till producerad skogsråvara beräknas utifrån ekvation 3.

### 5. Ekonomiska indikatorer

#### 5.1. Syften och avgränsningar

I denna del föreslås indikatorer som beskriver ekonomiska aspekter från skogsbruk och skogsekosystemen. Indikatorer som beskriver påverkan från resterande värdekedjor fram till och med färdiga produkter omfattas inte här och kommer att utredas i ett senare skede.

Indikatorerna som beskriver ekonomiska aspekter från skogsbruk och skogsekosystemen bör dock utformas så att det är möjligt att summera ekonomiska aspekter över hela den skogliga sektorns värdekedja. Som diskuterats i inledande kapitel avser vi att ta fram hållbarhetsindikatorer som gäller skogsbruk på landskapsnivå, inte för enskilda bestånd. Detta gäller även för ekonomiska indikatorer som bedöms på landskapsnivå för skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark som innehåller skogsbestånd i olika utvecklingsfaser under respektive omloppstid.



Inledningsvis behandlar vi i detta kapitel grundläggande principer och en översikt om skogens ekonomiska värden inom skogsbruket och hur dessa inbegrips inom olika lagar och initiativ. Därefter ger

vi en översikt över tillgängliga indikatorer och sätt att mäta skogens ekonomiska värden följt av specifika förslag till indikatorer.

## 5.2. Inledning

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv spelar skogsnäringen, dvs hela kedjan från skogsbruket till industridelen med massaindustri, pappersindustri och sågverk en viktig roll i Sverige. Enligt Skogsindustrierna statistik gav skogsnäringen 2020 direkt sysselsättning till runt 70 000 personer i Sverige och runt 200 000 personer om underleverantörer och kringverksamheter räknas in. Flest antal sysselsätts av massa- och pappersindustrin. I Sverige utgör skogsindustrin 11 procent av svensk industris totala förädlingsvärde. Skogsnäringen producerar varor till ett förädlingsvärde som uppgår till omkring 110 miljarder kronor (värdet på slutprodukten minus värdet på insatsprodukter) vilket motsvarar drygt 2,5 procent av Sveriges BNP (Industriarbetsgivarna och Skogsindustrierna, 2021)

Ur exportsynpunkt är skogsbranschen viktig och bidrar positivt till den svenska handelsbalansen (Skogssverige, 2021). Skogsnäringen, och speciellt skogsindustrin, exporterar det mesta av det som produceras. Skogsnäringen exporterar cirka 85 procent av branschens producerade förädlingsvärde. Under 2020 exporterade skogsnäringen varor till ett värde av drygt 145 miljarder kronor. Skogsnäringens export av varor motsvarade 2020 ungefär 10 procent av Sveriges totala export av varor vilket gör Sverige till världens femte största exportör av massa, papper och sågade trävaror (Industriarbetsgivarna och Skogsindustrierna, 2021).

Genom skogen erhålls skatteintäkter, arbetstillfällen, inkomster och avkastning från ägande och brukande av skogsmark. Hälften av Sveriges skogsmark ägs av runt 330 000 privata enskilda ägare medan en fjärdedel ägs av privata aktiebolag. Resterande del ägs av staten och andra allmänna och privata ägare (Skogssverige, 2021).

## 5.3. Skogens ekonomiska värden

För att kunna beskriva status och förändringar av skogens ekonomiska värden krävs det att det går att identifiera indikatorer som direkt eller indirekt visar i vilken riktning skogens ekonomiska värden ändras i olika situationer till följd av till exempel skogsskötsel, klimatförändringar med mera.

Merparten av skogen som skördas används till att producera papper, kartong och trävaror medan skogsbrukets restprodukter också ger oss förnybar energi. Den förnybara skogsråvaran bidrar dessutom i omställningen till en biobaserad, cirkulär och kretsloppsanpassad ekonomi. Forskning och utveckling pågår inom många områden för att ta fram nya innovativa och klimatsmarta produkter med den svenska skogen som råvarukälla. En mindre del av träråvaran från skogen används till redan textil, kemikalier och kompositmaterial och utvecklingen av nya material och produkter går snabbt framåt (Skogssverige, 2021). Skogen bidrar också med en lång rad produkter och tjänster som är viktiga för vår välfärd och livskvalitet, s.k. försörjande ekosystemtjänster.

## 5.4. Exempel på ekonomiska indikatorer i befintliga verktyg och modeller

Nedan ges exempel på initiativ och processer som kan utgöra underlag för framtagande och användande av indikatorer som beskriver skogens ekonomiska värden. I Bilaga 4 anges ett urval av indikatorer som vi hittat i litteraturen och som används i olika verktyg och modeller för att för att mäta och följa upp ekonomiska värden.

### 5.4.1 ToSIA

Med hjälp av beslutsstödverktyget ToSIA (Verktyg för hållbarhetsbedömning) har European Forest Institute med säte i Finland analyserat alternativa hållbarhetsbedömningar inom hela den skogliga



värdekedjan där flera ekonomiska indikatorer använts som ingångsvärden. Flera av dessa framtagna indikatorer är relevanta för den skogsbrukets värdekedja medan andra indikatorer speglar mer hur t.ex. ett skogsföretag arbetar med ekonomiska aspekter på en övergripande företagsnivå. Se Tosia (2021b) för en översikt av de indikatorer som används.

#### 5.4.2 Forest Europe

Forest Europe är ett europeiskt samarbete där Sverige är en av 46 signatärstater. Samarbetet avser hållbart skogsbruk (Sustainable Forest Management) och har utvecklat kriterier och indikatorer för att mäta utveckling och bedöma måluppfyllelse av Goals & Targets 2020 (Skogsstyrelsen, 2019). I Forest Europe används många indikatorer för att belysa den socioekonomiska aspekten i skogsbruket. Dessa omfattar till exempel lönsamhet, skogssektorns andel av BNP, import/export och sysselsättning. Dessa indikatorer saknas nästan helt i miljömålet Levande skogar vilket beror på att miljömålet fokuserar på miljökvaliteterna i skogen och inte hela begreppet hållbart skogsbruk (Skogsstyrelsen, 2019). Se bilaga 4 för en översikt av de kriterier och indikatorer som används för bedömning av hållbart skogsbruk inom Forest Europe-processen avseende socio-ekonomiska aspekter

### 5.5. Detaljerade förslag till indikatorer för skogens ekonomiska värden

Jämfört med sociala indikatorer är det lättare att göra ett urval av relevanta ekonomiska indikatorer som speglar bredden av skogens ekonomiska värden eftersom det finns flera indikatorer och tillgänglig statistik som på regelbunden basis beskriver skogens ekonomiska värden på olika tids- och rumsmässiga nivåer. Traditionella indikatorer som ofta används av skogsbolag och som underlag till analyser i skogliga konsekvensanalyser (SKA) är till exempel nuvärde vid en viss ränta (kr), genomsnittlig nettoavkastning ("kassaflöde", kr/år), avverkning ( $m^3sk/år$ ), tillväxt ( $m^3sk/år$ ) och förråd ( $m^3sk$ ). Nämnade indikatorer ovan kan även fördelas vidare på trädslag, sortiment, åldersklasser mm. I bilaga 3 anges ett urval av indikatorer som vi hittat i litteraturen och som används i olika verktyg och modeller för att för att mäta och följa upp ekonomiska värden över hela den skogliga sektorns värdekedja.

Ett urval av indikatorer har valts ut med hänsyn till att data för att kvantifiera och följa upp dessa mätetal skall kunna finnas tillgängliga via offentlig statistik. Vi har haft som mål att omfatta ekonomiska aspekter som speglar Sveriges välbefinnande och skogsbrukarens bidrag till välbefinnandet till följd av de samlade processerna vid skogsbruk. De valda indikatorerna är av olika karaktär och svåra att väga samman. Vi väljer därför att analysera dem var för sig, såväl vad gäller grundläggande beräkningar som beräkningar av karakteriserings- och påverkansfaktorer.

Följande indikatorer föreslås användas:

- Förädlingsvärdet,  $EK_{för}$  ("gross value added") av de samlade processerna en enskild skogsbrukare tillför genom sin verksamhet (SEK/år). Förädlingsvärdet uttrycks per avverkad volym. Förädlingsvärden för skogssektorn kan bl.a. hämtas från nationalräkenskaperna på SCB (SCB, 2021)
- Nettointäkt,  $EK_{ensk}$ , för enskild skogsbrukare, baseras på intäkter subtraherat med kostnader, (SEK/år). Även här uttrycks per avverkad volym.
- Antal årsarbetstillfällen,  $EK_{arb}$ , som skapas av skogsbruket lokalt (årsarbetstillfällen) baserat på skogsbrukarens hela bestånd av produktiv skogsmark.

Beräknade värden multipliceras, där det är relevant, med årlig avverkningsvolym och uttrycks därefter baseras på skogsbrukarens totala areal av produktiv skogsmark.

Ovanstående förslag av kriterier och indikatorer för skogens ekonomiska värden skall ses som indikativa och det återstår att utreda hur dessa indikatorer skall utformas i detalj för att vara jämförbara med övriga indikatorer som beskrivits ovan samt hur de skall utformas för att vara möjliga att summera över hela värdekedjan.

## 6. Referenser

- Angelstam, P., Michael Manton, Martin Green, Bengt-Gunnar Jonsson, Grzegorz Mikusińska, Johan Svensson, Francesco Maria Sabatini. 2020. Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: A call for adaptive landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 202, 103838.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103838>.
- Artdatabanken, 2020. Rödlistade arter i Sverige 2020. SLU, Uppsala. ISBN 978-91-87853-55-5.
- Bengtsson, B. 2004. Allemansrätten: vad säger lagen? Naturvårdsverket, Stockholm.
- Bergström, L., Borgström, P., Smith, H.G., Bergek, S., Caplat, P., Casini M., Ekroos J., Gårdmark A., Halling C., Huss M., Jönsson AM., Limburg K., Miller P., Nilsson L., Sandin L. 2020. Klimatförändringar och biologisk mångfald – Slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv. SMHI och Naturvårdsverket. *Klimatologi* Nr 56.
- Bjärstig T, Widman U, Eriksson M. 2017. Svenska skogsbrukares syn på skogens sociala värden.  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1070444/FULLTEXT01.pdf>
- Björheden, R. 2020. Sveriges torvmarker. Skogforsk.
- Björk A. 2018. Deltagande planering vid tätortsnära konflikter om skogen – intressentanalys och preferensstudie i området runt Skärsjön, Skinnskatteberg. Kandidatarbete i Skogshushållning, SLU.
- Brander, M. 2016. Conceptualising attributional LCA is necessary for resolving methodological issues such as the appropriate form of land use baseline. *Int J Life Cycle Assess* 21,1816–1821. DOI 10.1007/s11367-016-1147-0
- Couwenberg, J., Dommain, R., Joosten, H. 2010. Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in south-east Asia. *Global Change Biology* 16, 1715–1732, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02016.x
- Eggers m.fl. 2015. Accounting for a Diverse Forest Ownership Structure in Projections of Forest Sustainability Indicators. *Forests* 6, 4001-4033; doi:10.3390/f6114001
- Eggers, J.; Lindhagen, A.; Lind, T.; Lämås, T.; Öhman, K. 2018. Balancing landscape-level forest management between recreation and wood production. *Urban For. Urban Green.* 33, 1–11.
- Erlandsson, M., Mattsson, E., Harris, S., Munthe, J., Karlsson, P.E. 2019. Aktuell praxis och mest lovande ansatser för livscykelbaserade cirkuläritets- och hållbarhetsindikatorer. IVL rapport C 544. ISBN nr 978-91-7883-206-4
- EU, 2021. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. New EU Forest Strategy for 2030. COM (2021) 572
- Eyvindson, K., Repo, A., Mönkkönen, M. 2018. Mitigating forest biodiversity and ecosystem service losses in the era of bio-based economy. *Forest Policy Econ* 92, 119-127.

- FSC, 2020. Nya faktablad ger vägledning till Skogsbruksstandard 2020. <https://se.fsc.org/se-se/standarder/skogsbruksstandard-2020/viktiga-foeraendringar>
- Gundersen, P. et al. (ed.) 2014. Forest soil carbon sink in the Nordic region. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Frederiksberg. 37 pp. ill.
- Gundersen, V.S., Frivold, L.H. 2008. Public preferences for forest structures: A review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening* 7, 241–258.
- Hagberg, L., Karlsson, P.E., Stripple, H., Ek, M., Zetterberg, T. 2008. Svenska skogsindustrins emissioner och upptag av växthusgaser. IVL Rapport B1774.
- Hansen, K., Malmaeus, M. & Lindblad, M. 2014. Ekosystemtjänster i svenska skogar. IVL Rapport, B2190.
- Helin, m. fl., 2012. Approaches for inclusion of forest carbon cycle in life cycle assessment – a review. GCP Bioenergy. DOI 10.1111/gcbb.12016.
- Industriarbetsgivarna och Skogsindustrierna, 2021. Skogsnäringens betydelse för välfärden. [https://www.industriarbetsgivarna.se/nyhetsrum/nyheter/nyheter\\_2021/nya-siffror-skogsnaringen-viktig-regional-aktor](https://www.industriarbetsgivarna.se/nyhetsrum/nyheter/nyheter_2021/nya-siffror-skogsnaringen-viktig-regional-aktor)
- JRC, 2021. The use of woody biomass for energy production in the EU. JRC122719. ISBN 978-92-76-27867-2.
- Karlsson, P.E., Holmström H., Erlandsson M., Munthe J. 2019. Visualisering av alternativ för en hållbar produktion av skogsråvara. IVL rapport C545.
- Lindgren, A., Lundblad, M. 2014. Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. SLU Institutionen för mark och miljö. Rapport 14. ISBN 978-91-576-9222-1.
- Lindhagen, A., Hörnsten, L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: changes in public preferences and behaviour. *Forestry*, 73, 143-153.
- Lindner, J.P., Eberle, U., Bos, U., Niblick, B., Schminke, E., Schwartz, S., Luick, R., Blumberg, M., Urbaneck, A. 2014. Proposal of a unified biodiversity impact assessment method. 9th International Conference LCA of Food San Francisco, USA 8–10 October 2014.
- Linck, L. 2015. Skogens sociala värden i Dalasjö. Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp, SLU.
- Lundblad, M. 2019. Scenarier för den svenska skogen och skogsmarkens utsläpp och upptag av växthusgaser. Rapport från ett regeringsuppdrag. SLU ID: SLU ua 2019.2.6-1375
- Lundmark, T., Bergh, J., Nordin, A., Fahlvik, N., Poudel, B. C. 2016. Comparison of carbon balances between continuous-cover and clear-cut forestry in Sweden. *Ambio*, 45(Suppl. 2), S203–S213. DOI 10.1007/s13280-015-0756-3.
- LUSTRA, 2007. Hur ska vi hantera våra dikade skogsmarker? Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära. Rapport 90. ISSN 0348-3398.

- Marklund, L. G. 1988. Biomass Functions for Pine, Spruce and Birch in Sweden. Swed. Uni. of Agric. Sciences, Dept. of For. Surv., Report, 45, 73.
- Mattsson, S. 2000. Enkla metoder för avsättning av naturvårdsbestånd med hänsyn till ekonomiska faktorer. Skogforsk Arbetsrapport 458.
- Mattsson, E., Erlandsson, M., Karlsson, P.E., Holmström, H. 2021. A conceptual landscape-level approach to assess the impacts of forestry on biodiversity. Inskickad artikel.
- Michanek m. fl., 2019. Landskapsplanering av skog – för biologisk mångfald och ett varierat skogsbruk. Naturvårdsverket RAPPORT 6909.
- Miljödepartementet, 2019. Revised National forestry accounting plan for Sweden. Revised 30 December 2019.
- Naturvårdsverket, 2020a. Global utvärdering av biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Naturvårdsverket Rapport 6917.
- Naturvårdsverket, 2020b. Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020 – Med fokus på statliga insatser. RAPPORT 6919.
- Naturvårdsverket, 2021. NIR, 2021. National Inventory Report Sweden 2021.
- Nilsson, Å., Sidvall, A., Björk, 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 C567.
- Nordström E.-M., Holmström H., Öhman K. 2013. Evaluating continuous cover forestry based on the forest owner's objectives by combining scenario analysis and multiple criteria decision analysis. *Silva Fennica* vol. 47, 1046.
- PCR, 2020. BASIC PRODUCTS FROM FORESTRY. PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 031. PCR 2020:05. EPD INTERNATIONAL AB.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraiishi, T., Kryg, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC. ISBN 4-88788-003-0.
- Pettorelli, N., Graham, N.A.J., Seddon, N., da Cunha Bustamante, M.M., Lowton, M.J., Sutherland, W.J., Koldewey, h.J., Prentice, H.C., Barlow, J. 2021. Time to integrate global climate change and biodiversity science-policy agendas. *J Appl Ecol.* 2021;00:1–10. DOI: 10.1111/1365-2664.13985.
- Regeringen, 2020. Cirkulär ekonomi – strategi för omställningen i Sverige. Regeringskansliet juli 2020.
- Rydberg, D. & Aronsson, M. 2004. Vår tätortsnära natur – en bok om förvaltning och skötsel, Skogsvårdsstyrelsen Södra Götaland och Mårten Aronsson, Skogsvårdsstyrelsen.
- SCA, 2020. Års och hållbarhetsredovisning 2020.

- Sjöqvist M. 2017. Skogens sociala värden i den praktiska skötselplaneringen: en intervjustudie i Västerbottens län. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning.
- Skogforsk, 2021. Målbilder för naturhänsyn.  
<https://www.skogskunskap.se/hansyn/naturhansyn/malbilder-for-naturhansyn/>
- Skogsdata, 2021. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå. ISSN 0280-0543.
- Skogsstyrelsen 2013. Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning. Meddelande 2013/9.
- Skogsstyrelsen, 2016a. Kunskapssammanställning skogsbruk på torvmark. Rapport 3, 2016
- Skogsstyrelsen, 2016b. Skogsskötselserien – Skogsskötsel för friluftsliv och rekreation Första upplagan, april 2016
- Skogsstyrelsen, 2017. Skogens ekosystemtjänster – status och påverkan. Rapport 2017/13.
- Skogsstyrelsen, 2018. En analys av styrmedel för skogens sociala värden. Regeringsuppdrag. Rapport 2018/7.
- Skogsstyrelsen, 2019 – Indikatorer för miljömålet Levande skogar. RAPPORT 2019/1.  
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-2019/rapport-2019-01-indikatorer-for-miljokvalitetsmalet-levande-skogar.pdf>
- Skogsstyrelsen, 2021a. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Rapport 2021/7
- Skogsstyrelsen, 2021b. Hyggesfritt skogsbruk - Skogsstyrelsens definition. Diarienummer 2020/3733.
- Skogssverige, 2021c. <https://www.skogssverige.se/politik-ekonomi/skogen-ekonomin>
- Skogsutredningen, 2020. Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen. Betänkande av Skogsutredningen 2019. SOU 2020:73.
- Skytt T, Englund G, och Jonsson B-G. 2021. Climate mitigation forestry – temporal trade-offs. Environmental Research Letters. doi.org/10.1088/1748-9326/ac30fa
- SLU, 2021. Om Heureka-systemet. <https://www.slu.se/institutioner/skoglig-resurshushallning/programprojekt/sha/heureka/heureka/om-heureka/>
- Soimakallio, S, Annette Cowie, Miguel Brandão, Göran Finnveden, Martin Erlandsson, Kati Koponen, Per-Erik Karlsson. 2015. Attributional Life Cycle Assessment: is a land-use baseline necessary? International Journal of Life Cycle Assessment 20, 1364–1375.
- Soimakallio, S., Kalliokoski, T., Lehtonen, A., Olli Salminen, O. 2021. On the trade-offs and synergies between forest carbon. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 26, 4. <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09942-9>.
- Stendahl, J. 2017. TEMA: SKOGSMARKENS KOLFÖRRÅD. Kapitel i skogsdata, 2017. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. ISSN 0280-0543.

- Sténs, A. 2014. Skogens estetiska värden. I: Lundqvist, S; Johnson, L (eds). Grön entreprenör skogens sociala värden – forskningen visar vägen. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Suominen, T., Kunttu, J., Jasinevičius, G., Tuomasjukka, D. and Lindner, M., 2017. Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32, 588-597. DOI: 10.1080/02827581.2017.134
- Sveriges Miljömål 2021. Levande Skogar. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/levande-skogar/>
- Tosia, 2021a. Indicators of social sustainability. <http://tosia.efi.int/sustainability-indicators/social-indicators.html>
- Tosia, 2021b. Indicators of economic sustainability <http://tosia.efi.int/sustainability-indicators/economic-indicators.html>
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, H. & Kolehmainen, O. (2003). Ecological and aesthetic values in urban forest management. *Urban Forestry and Urban Greening* 1, 135-149
- UNEP, 2016. Global guidance for life cycle impact assessment indicators, Vol. 1. Frischknecht R, Jolliet O (eds). United Nations Environment Program, Nairobi Kenya. <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-lcia-indicators-v-1>.
- von Arnold, K., Hånell, B., Stendahl, J., Klemedtsson, L. 2005. Greenhouse gas fluxes from drained organic forestland in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20, 400 – 411.
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C., Klintebäck, F. 2011. The Heureka forestry decision support system: An overview. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences* 3, 87-94.
- Ågren, G., Hyvönen, R., Nilsson, T. 2008. Are Swedish forest soils sinks or sources for CO<sub>2</sub> — Model analyses based on forest inventory data. *Biogeochemistry* 89, 139–149.
- Ågren, K., Högbom, L., Johansson, M., och Wilhelmsson, L. 2021. Databasering till underlag för livscykelanalyser (LCA) av det svenska skogsbruket. Skogforsk ARBETSRAPPORT 1086–2021. ISSN 1404-305X.

## Bilaga 1. Detaljerad beskrivning av beräkningar av kolinnehåll i olika förråd i skogsekosystemen

Metoderna grundar sig i huvudsak på den metodik som finns i Heureka, den metod som föreslås av IPCC, modifierat av von Arnold et al. (2005), samt metodik inom Sveriges klimatrapportering (Naturvårdsverket, 2021).

### *Den levande biomassan*

#### Grundläggande metodik

Inom IPCC finns en standardmetod för att beräkna förändringar av kolinnehåll i den levande biomassan baserat på förändringar i virkesförrådet (Penman m fl, 2003). Den metod som föreslås av von Arnol m. fl. (2005) har anpassats för svenska förhållanden och är i grunden densamma som används inom klimatrapporteringen, men har förenklats i så måtto att den utgår från det samlade virkesförrådet i ett trädbestånd, istället för som inom klimatrapporteringen diameter i brösthöjd hos individuella träd.

Upptag av kol i trädens levande biomassa ( $\Delta CG$ , ton C  $\text{år}^{-1}$ ) beräknas som:

$$\Delta CG = I_v * BEF_1 * (1+R) * D * CF * A \quad (B1\_1)$$

Där  $I_v$  är den årliga medelökningen av volymen av virkesförrådet ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ),  $BEF_1$  är en "biomass expansion faktor", d v s en faktor som skall omvandla från stambiomassa till total ovanjordisk biomassa (dimensionslös),  $R$  är en kvot rotbiomassa/ovanjordisk biomassa (dimensionslös),  $D$  är densiteten hos biomassan (ton torrsvikt  $\text{m}^{-3}$ ),  $CF$  är "carbon fraction", d v s andelen kol av torrsvikten hos biomassan (ton  $\text{ton}^{-1}$ ),  $A$  är arealen (ha).

För applikation till svenska förhållanden föreslår von Arnold m fl (2005) att termerna  $BEF_1 * (1+R)$  ersätts med en faktor  $BEF_2$ , vilken beräknas för respektive trädslag från Marklunds biomassafunktioner.

Von Arnold et al (2005) föreslår följande värden för löv- och barrskog i Sverige.

**Tabell B1.1.** Faktorer som använts för att beräkna förändringar av kolförråd i den levande biomassan. Reviderade uppgifter om densiteter och kolinnehåll har hämtats från Ågren et al 2021.

	<b>Barrträd</b>	<b>Lövträd</b>
$BEF_2$	1,7	1,7
$D$ (ton torrsvikt $\text{m}^{-3}$ sub)	0,40	0,38
$CF$ (t t-1)	0,51	0,47

#### Upprepade förrådsbestämningar

Inom svenska klimatrapportering beräknas tidsserier för kolinnehåll i ovanjordisk levande biomassa för olika delar av ett träd baserat på funktioner av Marklund (1988), för barr, grenar, bark och stam för de olika trädslagen tall, gran och björk. Alla dessa beräkningar utgår från uppmätt stamdiameter i brösthöjd, men olika funktioner tillämpas för de olika trädslagen tall, gran och björk. (NIR, 2021, Table A3:2.2). Dessa är icke-linjära funktioner avsedda att appliceras för individuella träd. De går därför inte att applicera för medelvärden för hela bestånd.



Heureka-modellen ger resultat vad beträffar tidsserier vad gäller virkesförråd för hela bestånd. Vi föreslår därför att förändringar i kolförråden för levande biomassa baseras på tidsserier för virkesförråd på beståndsnivå.

#### Processbaserad metodik

Förändringar av virkesförråden kan beräknas baserat på årliga uppgifter om bruttotillväxt, naturliga avgångar samt bortförsel med röjning, gallring och slutavverkningar. Vid kontinuitetsskogsbruk beaktas selektiva avverkningar. En övergripande beskrivning av hur detta skall gå till ges bland annat i en arbetsrapport från SkogForsk (Ågren m. fl., 2021). Det är dock viktigt att förändringar i de olika fraktionerna av kolförråd i skogsekosystemen så långt möjligt behandlas i enlighet med klimatrapporteringen

#### **Den döda biomassan**

Beräkningarna omfattar död ved, men inte förna och inte markens organiska skikt. Detta är fallet inom Heureka och Q-modellen. Detta skiljer sig mot metodiken i Sveriges klimatrapportering, där förna och markens organiska skikt inkluderas i den döda biomassan.

#### **Död ved**

##### Grundläggande metodik.

Förändringar av kolinnehållet i död ved ovan mark beräknas baserat på volymmätningar av olika kategorier av död ved, som sedan multipliceras med konstanter som tar hänsyn till den döda vedens nedbrytningsstadium (Sandström et al., 2007). Död ved definieras i detta sammanhang som stammar med en längd av minst 1,3 m och en diameter av minst 10 cm i den smala ändan. Övriga delar av den döda veden, dvs. mindre fraktioner, anses utgöra förna. Nedbrytningsstadium definierades utifrån Riksskogstaxeringens definitioner:

Klass 0: Träd som nyligen dött och ännu inte börjat torka

Klass 1: Solid död ved. Stamvolymen består av >90% hård ved, stammens yta är hård.

Klass 2: Något nedbruten ved, stamvolymen består av 10–25% nedbruten mjuk ved.

Klass 3: Långt nedbruten ved, stamvolymen består av 26–75% nedbruten mjuk ved.

Klass 4: Mycket långt nedbruten ved, stamvolymen består av 76–100% nedbruten mjuk ved.

**Tabell B1.2.** Den döda vedens densiteter ( $g/cm^3$ ) (Sandström et al., 2007). Reviderade uppgifter om densiteter och kolinnehåll har hämtats från Ågren et al 2021.

Klass enl Riksskogstaxeringen	Tall	Gran	Björk
0	0.40	0.38	0.47
1	0.38	0.36	0.36
2	0.32	0.30	0.27
3	0.23	0.17	0.19
4	0.17	0.14	0.12

Densiteten för björk används för alla lövträd (Sandström et al., 2007).

**Tabell B1.3.** Den döda vedens kolinnehåll (% av torrsvikt) (Sandström et al., 2007). Värden ges inte för björk.

Klass enl Riksskogstaxeringen	Tall	Gran	Björk
0	50.3	49.2	-
1	50.5	49.1	-
2	51.5	49.7	-
3	51.5	50.8	-
4	52.2	51.3	-

Kolinnehållet varierar i liten utsträckning. Ett kolinnehåll av 50% kan därför användas för alla träslag (Sandström et al., 2007).

I Skogsdata 2021, tabell 2.11, finns länsvis information om volymerna död ved som medelvärde för en femårsperiod, uppdelat i två klasser, en klass för hård död ved och en klass för död ved nedbrutet 10–100%. Utifrån detta, i kombination med information i Tabellerna X och Y ovan, går det att beräkna länsvis, mängden kol i förråden död ved, i de två klasserna och totalt. Det får då göras antagandet att klassen nedbrutet 10–100% motsvarar ett medelvärde för klasserna 1-4 enligt Riksskogstaxeringens definitioner.

#### Metod upprepade förrådsbestämningar.

Heurekamodellen ger resultat vad beträffar tidsserier vad gäller volymer och biomassa i död ved i olika nedbrytningsstadier.

#### Processbaserad metodik

Vi känner inte till någon processbaserad modell för att beräkna produktionen av död ved, samt dess nedbrytning över tid, utifrån t ex uppgifter om virkesförråd, träslag, bonitet etc. Om detta finns kan det användas.

Kolinnehåll i död ved under mark beaktas ej.

#### **Markkol**

Som beskrivits ovan, räknas förna samt markens organiska skikt till markkol. Inom Heureka särredovisas normalt inte förna, utan det kan bli nödvändigt att låta det ingå i förrådet markkol. Det är i detta sammanhang viktigt att beräkningarna varken får förlora eller dubbelräkna något kol.

#### **Förna**

Kolförråden som finns i förna beräknas inom klimatrapporteringen för tre olika fraktioner:

1. Grov förna, med diameter 10-100 mm
2. Årligt förnafall
3. Förna <2mm, samt markens organiska jordlager

#### Metod upprepade förrådsbestämningar.

Heurekamodellen med tillhörande markmodeller kan, efter specialbeställning, beräkna tidsserier vad gäller förändringar i kolförråden i förna. Detta behöver utredas vidare. Q-modellen har en inbyggd

förnamodell, vars resultat normalt inte särredovisas, som skattar årligt förnenedfall utifrån aktuellt skogstillstånd och sen får "pulser av extra förnatillskott" de gånger en viss avverkningsåtgärd simuleras i det aktuella beståndet – där alla avverkningsrester som inte tillvaratas räknas som förna.

#### Processbaserad metodik

Vi känner inte till någon processbaserad modell för att beräkna produktionen av förna, samt dess nedbrytning över tid, utifrån t ex uppgifter om virkesförråd, trädslag, bonitet etc. Om detta finns kan det användas.

#### **Förändringar av kolinnehåll i grov förna**

Kolinnehåll i grov förna (CCL, Mg ha<sup>-1</sup>) beräknas som en andel av förekomsten av död ved, enligt

$$CCL=0.5*CL/1000, \text{ där } CL=0.15*DW, DW=\text{torrvikt död biomassa, kg ha}^{-1}. \quad (B1\_2)$$

När förekomsten av död ved förändras, förändras således även kolinnehåll i grov förna.

**Kol i årligt förnafall** (AL, detta är förna som härrör från årets avverkningar och gallringar och som blir kvar i skogsmarken) ([kg ha<sup>-1</sup>) beräknas som

$$\text{För gran: ALNS, kg ha}^{-1}, =16509-245.8*Lat+5.22*BA, \quad (B1\_3)$$

där BA=grundyta;

$$\text{För tall: ALPS, kg ha}^{-1}, =6906-102.3*Lat+46.4*BA-4.5*Age \quad (B1\_4)$$

där BA=grundyta; Age=trädålder

$$\text{För lövträd: ALD, kg ha}^{-1}, =ND*0.00371*ABDH^{1.11993} \quad (B1\_5)$$

där ND=antalet stammar per hektar; ABDH=diameter i bröst höjd som medelvärde

Kol i årligt förnafall, Mg ha<sup>-1</sup>,

$$CAL=0.5*(ALNS+ALPS+ALD)/1000. \quad (B1\_6)$$

Kol i årligt förnafall kommer att förändras över tid beroende på förändringar i grundyta, diameter i bröst höjd, beståndsålder samt antal stammar per hektar.

#### **Biomassa och kol i förna <2mm, CFL.**

Inom klimatrapporteringen baseras denna beräkning på provtagning av O-horisonten inom markinventeringen

$$CFL, \text{ Mg ha}^{-1}, =SDW*Cconc*0.01/SA, \quad (B1\_7)$$

där SDW=sample dry weight in Mg; Cconc=Carbon concentration in %; SA=sampled area in ha.

Det kan inte förväntas att enskilda skogsbrukare har tillgång till resultat från markprovtagningar.

#### Metod upprepade förrådsbestämningar.

Heurekamodellen med tillhörande markmodeller ger resultat vad beträffar tidsserier för kol i förna <2mm samt i markens 0-horisont. Som redan nämnts ovan särredovisas dock inte detta i normalfallet.

#### Processbaserad metodik

Vi känner inte till någon processbaserad modell för att beräkna produktionen av förna<2mm, samt dess nedbrytning över tid, utifrån t ex uppgifter om virkesförråd, trädslag, bonitet etc. Om detta finns kan det användas.

#### Markkol i mineraljorden

Inom klimatrapporteringen baseras denna skattning på upprepade provtagningar i olika jordlager: baserat på beräkningar grundade på kolinnehåll i provet och fraktionen av finkorniga jordar.

Heureka kan leverera tidsserier vad gäller markkol totalt.

Det är inte rimligt med löpande markprovtagningar för varje skogsbrukare. Istället får skattningar av den årliga förändringar av markkol i mineraljorden baseras på emissionsfaktorer.

Kolförrådet i fastmark på mineraljord ökar svagt i södra Sverige med cirka 0.09 ton ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> men minskar svagt i norr med 0.08 ton per ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> (Stendahl, 2017). Dessa värden kan användas som generella värden vad gäller årlig förändring av förråden markkol på mineraljorden.

Avgången av CO<sub>2</sub> från mineraljorden ökar kraftigt under en tid i samband med slutavverkningar. Denna avgång får beräknas utifrån särskilda emissionsfaktorer.

#### Markkol i organogena jordar

Upprepade inventeringar av kolförråden i organogena jordar försvåras av problem med markprovtagning i dessa jordar. Förändringar av kolförråden i organogena jordar skattas istället grundat på emissionsfaktorer, som representerar dels näringsrika och näringsfattiga torvmarker i södra och norra Sverige, i kombination med tre olika typer av dikade skogsmarken, t ex 1) befintliga diken sedan lång tid; 2) nyligen igensatta diken inom y år (återvätning);

Nydikning och dikesrensning har diskuterats som metoder för att öka produktionen på skogsbevuxna torvmarker. Om detta skulle bli mer vanligt förekommande behöver avgången av växthusgaser från denna typ av marker behandlas utifrån en särskild klassning. Detta görs inte i denna rapport

Skogsstyrelsen har gjort en omfattande utredning av utsläpp och upptag av växthusgaser för olika former av beskogade torvmarker (Skogsstyrelsen, 2021). Från denna rapport har vi gjort ett utdrag av emissionsfaktorer som gäller i ett tjugoförårigt tidsperspektiv, som vi sammanställt i Tabell B1.4.

**Tabell B1.4.** Förslag på emissionsfaktorer för olika former av beskogade torvmarker, t  $CO_2e\ ha^{-1}\ \text{år}^{-1}$ . Emissionsfaktorer för kategorin "dikad sedan lång tid" samt återvätning har hämtats från Skogsstyrelsen, 2021, tabell 4.2. Värdena gäller i ett **20-årsperspektiv**. Positiva värden (+) anger avgång till atmosfären och negativa värden (-) anger upptag i marken. Avgränsning mellan södra och norra Sverige avses gränsen mellan Svealand och Norrland.

ton $CO_2\ eq/ha/år$	Dikat sedan lång tid, dikningen underhålls	Odikat/ Återvätning*
Södra Sverige, näringsrikt	16	26
Södra Sverige, näringsfattigt	5,0	9,5
Norra Sverige, näringsrikt	5,9	13
Norra Sverige, näringsfattigt	0,8	3,2

\* Med scenariot återvätning avses en höjning av grundvattennivån genom att plugga eller lägga igen diken, och sedan fri föryngring/utveckling, möjligen på längre sikt med någon form av hyggesfritt brukande.

Vad gäller förändrade emissioner av växthusgaser efter återvätning av skogsbeväxade torvmarker är det dock mer relevant att använda ett hundraårigt tidsperspektiv (Skogsstyrelsen, 2021). Vi har därför även gjort ett utdrag av emissionsfaktorer som gäller i ett hundraårigt tidsperspektiv, som vi sammanställt i Tabell B1.5.

**Tabell B1.5.** Förslag på emissionsfaktorer för olika former av beskogade torvmarker, t  $CO_2e\ ha^{-1}\ \text{år}^{-1}$ . Emissionsfaktorer för kategorin "dikad sedan lång tid" samt återvätning har hämtats från Skogsstyrelsen, 2021, tabell 4.1. Värdena gäller i ett **100-årsperspektiv**. Positiva värden (+) anger avgång till atmosfären och negativa värden (-) anger upptag i marken. Avgränsning mellan södra och norra Sverige avses gränsen mellan Svealand och Norrland.

ton $CO_2\ eq/ha/år$	Dikat sedan lång tid, dikningen underhålls	Odikat/ Återvätning*
Södra Sverige, näringsrikt	16	9,8
Södra Sverige, näringsfattigt	4,6	3,2
Norra Sverige, näringsrikt	5,7	4,4
Norra Sverige, näringsfattigt	0,2	0,3

\* Med scenariot återvätning avses en höjning av grundvattennivån genom att plugga eller lägga igen diken, och sedan fri föryngring/utveckling, möjligen på längre sikt med någon form av hyggesfritt brukande.

För att bedöma torvmarkens näringsstatus används den metodik som föreslås den metod som beskrivs av Lindgren och Lundblad, 2014, att uppdelningen baseras på växtslagen i markskiktet enligt tabellen nedan.

**Tabell B1.5.** Förslag till metod för att bedöma torvmarkens näringsstatus, baseras på växtslagen i markskiktet. Källa: Lindgren och Lundblad, 2014.

**Nutrient rich**

- 01 – Tall herbs without shrubs
- 02 – Tall herbs with shrubs/blueberry
- 03 – Tall herbs with shrubs/lingonberry
- 04 – Low herbs without shrubs
- 05 – Low herbs with shrubs/blueberry
- 06 – Low herbs with shrubs/lingonberry
- 07 – Without field layer (no plants, just mosses)
- 08 – Broad grasses
- 09 – Narrow grasses
- 12 – Horsetail
- 13 – Blueberry

**Nutrient poor**

- 10 – Tall carex
- 11 – Low carex
- 14 – Lingonberry
- 15 – Crowberry/calluna
- 16 – Poor shrubs

## Bilaga 2. En detaljerad beskrivning av databehov för att beräkningar av kolinnehåll (och växthusgasbalanser) för olika förråd i skogsekosystemen utifrån en processbaserad metodik.

I denna bilaga ges en detaljerad beskrivning av databehov för att beräkningar av kolinnehåll (och växthusgasbalanser) för olika förråd i skogsekosystemen utifrån en processbaserad metodik. I vissa fall behövs dessa data även för en metodik baserad på upprepade inventeringar. Det är önskvärt med data som är uppdelat för trädslagen gran, tall och löv. I nu föreslagen metodik görs ännu inte denna uppdelning, men detta kan behöva användas i framtida förbättrade metoder.

Utöver vad som listas nedan, behövs uppgifter om arealer produktiv skogsmark, mängd producerad skogsråvara,  $m^3sk$ , uppdelat i olika klasser, samt produktiviteten,  $m^3sk/ha$ , för skogsbestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv.

Den levande biomassan

**Virkesförråd**,  $m^3 sk$ , summerat för skogsbestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv. Det kan vara värdefullt att urskilja olika lövträdslag, åtminstone björk och asp av de triviala och ek och bok av de ädla lövträdslagen.

Den döda biomassan

**Summerade volymer av död ved ovan mark**,  $m^3$ , uppdelat i de klasser som används av Rikskogstaxeringen, vilka beskrivits ovan. Summerat för skogsbestånd eller större område, uppdelat för trädslagsgrupperna barr och löv.

Förna

Beräknas utifrån olika beståndsp parametrar

**Grundyta**,  $m^2/m^2$ , medel för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

**Trädålder**, år, medel för bestånd, för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

**Antal stammar per areal**,  $st/ha$ , medel för bestånd, för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

**Diameter i brösthöjd**,  $cm$ , medel för bestånd, för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

**Geografisk position**, latitud, län eller landsdel, för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

Markkol, generellt

För förändringar av kolförråden markkol, både mineraljord och organogena jordar, är huvudalternativet att dessa förändringar skall modelleras med de verktyg som finns inom Heureka. Om det inte är möjligt används de alternativ som listas nedan.

Markkol, mineraljord

Beräknas utifrån arealer och emissionsfaktorer.

**Summerade arealer av skog på mineraljord**, i kombination med **geografisk position**, latitud, län eller landsdel, för bestånd eller större område, uppdelat för trädslagen gran, tall och löv

Markkol, beskogade torvmarker

Förändringar av kolförråden (växthusgasbalanser) för beskogade torvmarker beräknas utifrån emissionsfaktorer för 12 olika typer av mark, enligt beskrivning ovan.

Uppgifter behövs därför för summerade arealer av olika typer av beskogade torvmarker enligt vad som beskrivits ovan. För åtgärderna "Nyligen dikesrensats" och "Återvätning" gäller tills vidare att de skall vara gjorda under de senaste 20 åren. Detta tidsperspektiv kan komma att ändras, in väntan på slutlig metodik blir färdigställd. Gränsen mellan södra och norra Sverige sätt som gränsen mellan Svealand och Norrland.

För att bedöma torvmarkens näringsstatus används en metod baseras på växtslagen i markskiktet Lindgren och Lundblad, 2014, enligt vad som beskrivits ovan.

Fossila utsläpp

Årlig areal som markbereds

Årlig areal som röjs, gallras och slutavverkas. Vad gäller gallring och slutavverkning behövs även avverkade virkesvolymen.



### Bilaga 3. Exempel på sociala indikatorer i befintliga verktyg och modeller

Nedan ges exempel på indikatorer i litteraturen och i befintliga verktyg och modeller som kan användas för att mäta och följa upp sociala värden.

Indikator	Källa
Spridningsmått avseende trädslag och ålder	Heureka, SLU
Äldre och glesare skog med god genomsiktig skog" (ha)	Heureka, SLU
Hyggesfrihet (ha)	Heureka, SLU
Antagandet att kontinuitetsskogsbruk är mer arbetsintensiva och tidskrävande	Heureka, SLU
Areal gammal skog (ha) Gammal skog är viktig ur rekreationssynpunkt och inte minst för biologisk mångfald då många arter är beroende av sådan skogsmiljö. I Heurekasimuleringar har gammal skog i vissa fall definierats som skog äldre än 90 år (Nordström m. fl. 2013), men inom miljömålssystemet och riksskogstaxeringen används 140 år som gräns i boreal region och 120 år i boreonemoral och nemoral region.	t.ex. Nordström m. fl. 2013
Åldersvariation (år): Gammal skog har ett högt rekreativvärde. I Heureka har åldersvariation definierats som standardavvikelsen av skogens totala ålder uttryckt som en procentandel av medelåldern.	Heureka, SLU
Areal tätortsnära kontinuitetsskog som kan nås med allmänna kommunikationer, (ha/ha skog totalt)	Karlsson m.fl. 2019
Areal tätortsnära skogsmark till totala skogsmarken fördelat på skogsbrukare/län	Karlsson m.fl. 2019
Arealen naturreservat	Miljömålet Levande skogar
Arealen biotopskyddsområden	Miljömålet Levande skogar
Arealen naturvårdsavtal	Miljömålet Levande skogar
Areal äldre lövrik skog	Miljömålet Levande skogar
Andel människor som promenerar i skogen (%)	Hansen m.fl. 2014
Antal besök i skogen	Hansen m.fl. 2014
Betalningsvilja för ett besök (kronor)	Hansen m.fl. 2014
Det totala årliga värdet av skogsbesök (kronor per år).	Hansen m.fl. 2014

#### Bilaga 4. Exempel på ekonomiska indikatorer i befintliga verktyg och modeller

Indikator	Källa
Nuvärde vid en viss ränta (kr) <sup>1</sup>	Heureka, SLU
Genomsnittlig nettoavkastning ("kassaflöde", kr/år) <sup>1</sup>	Heureka, SLU
Avverkning (m3sk/år) <sup>1</sup>	Heureka, SLU
Tillväxt (m3sk/år) <sup>1</sup>	Heureka, SLU
Virkesförråd (m3sk) <sup>1</sup>	Heureka, SLU
Intäkter till småföretag inom skoglig sektor i närområdet, bidrag till en levande landsbygd (Mkr/ha skog totalt/år)	Karlsson m.fl. 2019
Andel produktiv skog som är tillgänglig för vinterbete av ren.	Eggers m.fl. 2015

<sup>1</sup>Vid avverkningsberäkningar fördelas nämnda indikatorer på träslag, sortiment, åldersklasser osv.

#### Kriterier och indikatorer för bedömning av hållbart skogsbruk inom Forest Europe-processen avseende socio-ekonomiska aspekter

Forest Europe - Sustainable Forest Management indicators	
Criterion 6. Maintenance of other socio-economic functions and conditions.	
6.1. Forest holdings.	Number of forest holdings, classified by ownership categories and size classes.
6.2 Contribution of forest sector to GDP	Contribution of forestry and manufacturing of wood and paper products to gross domestic product
6.3 Net revenue.	Net revenue of forest enterprises.
6.4 Investments in forests and forestry.	Total public and private investments in forests and forestry.
6.5 Forest sector workforce.	Number of persons employed and labour input in the forest sector, classified by gender and age group, education and job characteristics.
6.6 Occupational safety and health.	Frequency of occupational accidents and occupational diseases in forestry.
6.7 Wood consumption.	Consumption per head of wood and products derived from wood.

6.8 Trade in wood.	Imports and exports of wood and products derived from wood
6.9 Wood energy.	Share of wood energy in total primary energy supply, classified by origin of wood.
6.10 Recreation in forests	The use of forests and other wooded land for recreation in terms of right of access, provision of facilities and intensity of use

---

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](http://www.mistradigitalforest.se)