



Örebro läns skogar ur ett klimatperspektiv



Länsstyrelsen
Örebro län

Materialet är framtaget av Skogforsk, Skogsbrukets forskningsinstitut.

Tillsammans för ett hållbart och levande län

Länsstyrelsen har regeringens uppdrag att främja en hållbar utveckling och göra verklighet av nationella mål utifrån länets förutsättningar. Med bred och djup kunskap arbetar vi nära verksamheter, människor och natur och gör avvägningar mellan olika intressen.

Titel: Örebro läns skogar ur ett klimatperspektiv

Utgivare: Länsstyrelsen i Örebro län

Författare: Susanna Gustavsson, Länsstyrelsen i Örebro län (förord), Rolf Björheden, Johan Sonesson, Mats Berlin och Bo Karlsson på Skogforsk (resterande innehåll)

Diarienummer: 1915-2019

Publikationsnummer: 2020:5

Bilder: Framsida Mostphotos, resterande bilder Rolf Björheden, Skogforsk

Förord

Sedan 2018 har Länsstyrelsen i Örebro län arbetat för att ta fram ett regionalt skogsprogram. Utgångspunkt i arbetet är det nationella skogsprogram som antogs av regeringen 2018. I Örebro län har vi valt att arbeta med fyra av de fem fokusområden som återfinns i det nationella skogsprogrammet.

Som förarbete till ett regionalt skogsprogram beställdes en behovsanalys där olika skogliga aktörer i länet blev intervjuade om behov och önskemål kring ett skogsprogram. Det materialet tillsammans med de önskemål som framkom under en konferens i slutet av 2018 användes sedan som förutsättningar i det fortsatta arbetet. Under 2019 bildades en arbetsgrupp och en referensgrupp som också fick bidra till skogsprogrammets innehåll och fokus.

Sammantaget från de inspel från många olika skogliga aktörer som vi fick under 2018 och 2019 kunde vi konstatera att ett fokusområde var mer prioriterat än andra – fokusområdet *ett hållbart skogsbruk med ökad klimatnytta*.

För att få ett underlag till arbetet med att öka klimatnyttan från Örebro läns skogar beställdes därför denna rapport inom ramen för skogsprogrammet. Rapporten är skriven av Skogforsk, Skogsbrukets forskningsinstitut, som också ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Risken för global uppvärmning, med svåra följder, är starkt sammankopplad med hur vi handskas med grundämnet kol. Växande skog tar genom fotosyntes upp koldioxid från luften och binder kolet i sina vävnader. Skogen är en potent kolfälla. I ett land med mycket skog, som Sverige, debatteras därför skötsel av skog ur klimatperspektiv. Skogen och skogsbruket ska tillgodose många olika krav. Klimatfrågan är viktig, men hänsyn måste även tas till skogsbrukets och industrins behov, miljö- och naturskyddsfrågor, rekreation, friluftsliv, kulturmiljövård med mera. För att alla olika intressen ska balanseras behövs en gemensam faktagrund. Denna skrift utgör en del av en sådan faktabakgrund.

Örebro län har ett stort skogskapital - skogen täcker mer än tre fjärdedelar av landytan. I denna skrift behandlas skogsbrukets inverkan på länets koldioxidutsläpp. Kalkylerna avser brukad, produktiv skogsmark, medan de 10 procent av skogsmarken som undantas från skogsbruk ej berörs. Länets 585 000 hektar produktiv skogsmark har en total volym på ca 100 miljoner stamved inklusive bark (m^3sk), ca 170 $\text{m}^3\text{sk}/\text{ha}$. Tillväxten är 6,5 m^3sk per hektar och år. De ekonomiskt viktigaste trädslagen, gran och tall utgör 82 procent av virkesförrådet. Andelen lövträd är 18 procent varav 1 procent ek och resten en blandning av övriga lövträd, främst björk och asp¹.

Länets skogar utgör ett betydande lager av kol. I trädens biomassa lagras 36,8 miljoner ton kol eller 134 miljoner ton, räknat som koldioxid. Även länets skogsmark lagrar en stor mängd organiskt kol, cirka 47 miljoner ton. Det motsvarar 173 miljoner ton koldioxid. Lagret är därmed 300 gånger större än länets utsläpp av koldioxid på 2017 års nivå (983 000 ton). Skogens kollager ökar, eftersom den årliga tillväxten, cirka 3,9 miljoner m^3sk , är väsentligt högre än den genomsnittliga avverkningen, cirka 2,5 miljoner $\text{m}^3\text{sk}/\text{år}$.

Länets koldioxidbalans beräknades varvid, förutom inbindningen i skogen, även substitutionseffekter av uttagna skogsprodukter jämfördes med länets utsläpp av koldioxid. Analysen visade att Örebro län avlastar koldioxid från atmosfären. De årliga utsläppen (983 000 ton) var 2017 lägre än den mängd koldioxid som bands genom ökat virkesförråd och genom skogsprodukternas substitutionseffekt, -1 460 000 respektive -1 179 000 ton koldioxid/år. Länet hade alltså under 2017 ett nettoupptag av cirka 1 656 000 ton koldioxid.

För att få en så hög effekt som möjligt av skogen i klimatarbetet ska nettotillväxten vara så hög som möjligt, givetvis med hänsyn till andra viktiga mål. Så mycket som möjligt av den varu- och energiproduktion som idag baseras på fossila kolkällor ska istället baseras på skogsråvara. För att effekten ska vara uthållig gäller det för skogsbruket att kontinuerligt ersätta äldre skog med nya, växtliga bestånd och att inte avverka mer än tillväxten. Örebro län ligger väl till, men har möjligheter att öka skogens klimatnytta. I skog som utnyttjas för virkesproduktion kan tillväxten, och därmed upptaget av koldioxid, ökas genom olika skötselåtgärder. Återvätning av torvmarker kan i vissa fall minska utsläppen av koldioxid, men bör då även motiveras av naturvårdsskäl.

¹ Datauppgifterna rörande Örebro läns skogar har hämtats från Riksskogstaxeringens (SLU) publikationer Skogsdata 2017 resp. 2018.

Innehåll

Kolets kretslopp och klimatfrågan	7
Skog – ett verktyg för att hantera koldioxid och klimat	8
Allmänt om Örebro läns skogar	10
Länets skogstillgångar	10
Lager av kol i Örebro läns skog och skogsmark	12
Dagens virkesförråd i Örebro län	13
Skogsmarken som kolsänka	14
Kolets dynamik – Örebro läns skog i flödesperspektiv	15
En koldioxidbalans för Örebro län – skogsbrukets roll	18
Substitutionseffekter av skogsbrukets produkter	18
Koldioxidbalans för Örebro län	18
Kan klimatnyttan av skogen ökas?	22
Nya risker i nytt klimat	24
Anpassning av skogsskötsel	25
Val av genetiskt material vid förnygring	26
Potential för nya trädslag i Örebro län	27
Referenser	29
Bilaga 1 Karta över virkestransporter från Örebro län, 2017	32
Bilaga 2 Kolets dynamik	33

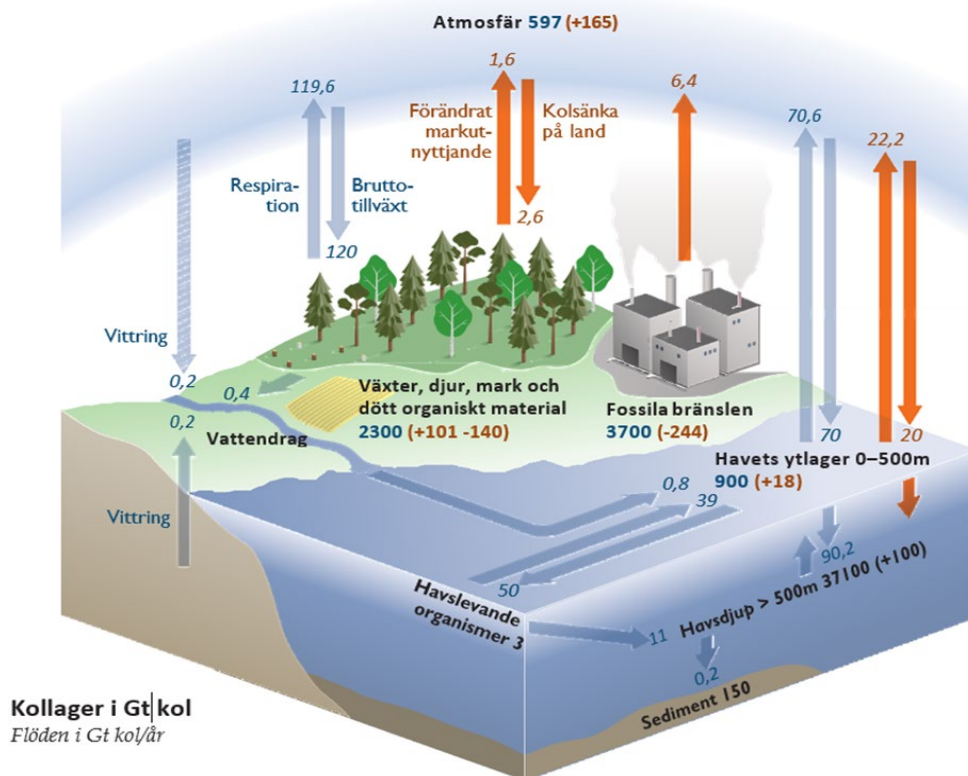
Kolets kretslopp och klimatfrågan

Här beskrivs kolets kretslopp samt hur olika mänskliga aktiviteter påverkar detta kretslopp och mängden kol i olika delar av biosfären.

Var, och i vilken form, grundämnet kol lagras, har en central roll i de modeller som beskriver klimatet. Jordens klimat bestäms av en mängd samspelande processer. Deras sammanhang och effekter är ännu inte helt kända. Forskning visar att klimatet över tid varierat beroende på samspelet mellan atmosfär, hydrosfär och geosfär, och särskilt vad gäller utbytet av kol dem emellan (Figur 1). Havsbottenarnas sediment och inlandsisarnas lagerföljder utgör "arkiv" där klimatet och dess förändringar kan avläsas. I inlandsisar kan även atmosfärens halt av koldioxid avläsas, genom analys av de luftbubblor som årligen innesluts i isen. Distinkta händelser, t.ex. stora vulkanutbrott som medfört kraftiga höjningar av koldioxidhalten, ger en tydligt avläsbar effekt på klimatet. Genom ett samspel mellan biosfärens olika delsystem etableras ett nytt jämviktsläge efter sådana störningar.

Mänsklig aktivitet påverkar i ökande grad mängden kol i omlopp, som en följd av förbränning av fossila koldepåer (stenkol, olja och naturgas) och genom t.ex. cementframställning, tillverkning av drivmedel, förändrat markutnyttjande, utdikning av torvmarker och avskogning. En omfattande omföring av ekosystemet skog till jordbruksmark mobiliserar koldioxid och har flyttat betydande kollager från växtbiomassa och mark till atmosfären. Härigenom tillförs atmosfären stora mängder koldioxid.

Figur 1. Kolets kretslopp och dess globala flöden (Skogforsk, efter IPCC 2007). Blå siffror avser förråd i Gt (miljarder ton) av kol och flöden i Gt kol/år före industrialismen, cirka 1750. Röda siffror visar hur förråd och flöden bedöms ha ändrats p.g.a. mänskliga aktiviteter omkring 2005.



Halten av koldioxid i atmosfären har ökat från 0,028 procent under 1800-talet till 0,041 procent idag. Detta motsvarar 188 miljarder ton kol. Koldioxid är en växthusgas, som bidrar till att minska den mängd solenergi som reflekteras av jorden. Resultatet blir ökande medeltemperatur och förändrat klimat. Även om vi ännu inte känner till exakt vilka effekter den ökande halten av koldioxid kan få så är argumenten starka för den s.k. försiktighetsprincipen, vilken innebär en målsättning att i så liten grad som möjligt påverka den naturliga balansen i kolets kretslopp.

Skog – ett verktyg för att hantera koldioxid och klimat

Det är en allmänt accepterad insikt att det globala klimatet nu förändras, främst som en följd av stora och ökande utsläpp av växthusgasen koldioxid. Utsläppen är en följd av mänsklig aktivitet. De beror på förbränning av fossila koldepåer i form av kol, olja och naturgas, men är också en följd av byggnation och avskogning följt av förändrat markutnyttjande, t ex då skogar huggs ned för att omföras till jordbruksmark eller för infrastruktur och bebyggelse.

För att bromsa och vända denna utveckling krävs kraftfulla internationella åtgärder för att ställa om till ett samhälle som inte påverkar klimatet negativt. Skogssektorn har flera beröringspunkter med den här utvecklingen. Vid sin tillväxt tar skogen upp koldioxid från luften. I ett skogsland som Sverige är skogsbruket den samhällssektor som hanterar de ojämförligt största lagren och flödena av kol i form av växande skog, skogsmark med uppbyggt kolförråd och genom hantering av virke och bränslesortiment. Därmed blir också skogsbruket en viktig tillgång i Sveriges nationella och regionala klimatarbete.

Växande skog binder kol

Genom fotosyntes utnyttjar skogsträden ljusenergi för att binda atmosfäriskt kol i form av växthusgasen koldioxid. De frigör samtidigt syre. En del av energin i det bildade sockret används för växternas cellandning, men världens och Sveriges skogar lagrar genom sin nettotillväxt stora mängder kol. Kolet som absorberas och assimileras av trädens gröna delar lagras då i form av kolväten som cellulosa, hemicellulosa, lignin, stärkelse m.m. För träden lagras med tiden huvuddelen av kolet i trädens vedartade delar, dvs. i form av stamved, grenar, kvistar och grövre rötter.

Ungefär hälften av trädens torrsvikt utgörs av kol, även om andelen varierar mellan olika trädslag. Barrträd innehåller något mer kol (cirka 51 procent) än lövträd (cirka 48 procent), mest på grund av en högre ligninhalt hos barrträden, cirka 30 procent, jämfört med 20 procent för lövträd.

Eftersom skogen är det helt dominerande ekosystemet i Sverige så blir förrådet av kol i trädbiomassa mycket stort, liksom den årliga inbindningen av kol genom trädens tillväxt.

Nedbrytning och förbränning frigör kol bundet i biomassa

Döda träd och växtdelar liksom stubbar, grenar och toppar som lämnas kvar efter avverkning bryts ner av organismer som lever på den näring och energi de kan frigöra ur biomassan. Slutprodukterna blir vatten och koldioxid som då frigörs åter till atmosfären. Detta sker också då vi eldar skogsbränsle eller utvinner energi från uttjänta träbaserade produkter i ett värmeverk.

Nedbrytningen tar olika lång tid, bl.a. beroende på typ av biomassa. Näringsrika och finfördelade växtdelar bryts ner snabbare än grövre, vedartade växtdelar. Temperatur, fuktighet och tillgången på syre har också stor betydelse för nedbrytningsförloppet. Under fuktiga, syrefattiga betingelser, som i våra torvmossar, går nedbrytningen mycket långsamt. Även i torra miljöer går nedbrytningen långsamt.

Allmänt om Örebro läns skogar

Örebro län täcks till 76 procent av skogsmark. Av totalt 650 000 hektar skogsmark utgör 52 000 hektar skogliga impediment, som undantas från skogsbruk pga. av låg tillväxt ($<1 \text{ m}^3 \text{ sk/ha, år}$). Ytterligare 12 000 hektar utgörs av kala impediment, som dock inte räknas till egentlig skogsmark. Resterande areal utgör produktiv skogsmark, där skogsbruk är möjligt, men av denna areal har cirka 31 000 ha undantagits från skogsbruk av kultur- och naturskyddsskäl. I tillägg omfattas nära 8 000 ha annan mark än produktiv skogsmark av skydd i Örebro län (Anon., 2016, 2017, 2018). Detta innebär att cirka 10 procent av skogsmarken, varav hälften utgörs av produktiv skogsmark, har undantagits från skogsbruk. De siffror och beräkningar som presenteras i denna skrift avser produktiv, brukad skogsmark, alltså den del av skogarna som aktivt förvaltas och brukas av länets små och stora skogsbrukare.

Länets skogstillgångar

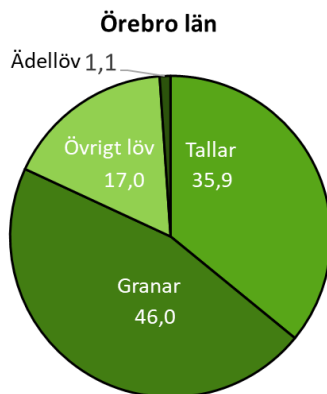
De äldsta verkligt tillförlitliga uppgifterna om skogstillgångarna i Örebro län kan inhämtas från Statistisk Årsbok för Sverige 1930 (Statistiska Centralbyrån 1930). Sedan dess har länets omfattning förändrats genom gränsjusteringar vid sex olika tillfällen mellan 1950 och 1974. I denna rapport har inte gjorts några försök att särskilja hur dessa, totalt sett marginella, förändringar av länets yta påverkat skogstillgång och skogsmarksareal. Figur 2 visar översiktligt skogens utbredning över länets yta.



Figur 2. En satellitbild av Örebro län visar skogens huvudsakliga utbredning i länet. I anslutning till Hjälmaren och med utlöpare mot Vänern (Gullspång) och Vättern (Askersund) finns bördiga marker med en stor andel odlad mark. Skogen är, i dessa delar av länet, ofta av nemoral karaktär med ett stort inslag av ek och andra lövträd.

I övriga delar av länet är skogen mer dominerande och, särskilt i de norra och västra delarna, av boreal eller hemiboreal typ, dominerade av barrträd.

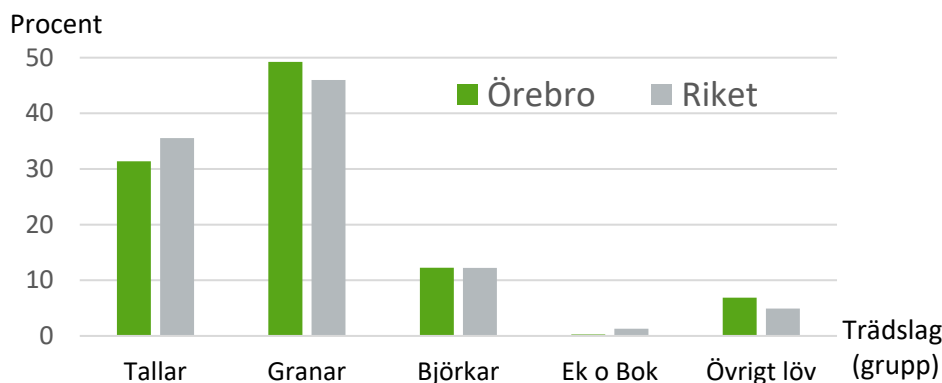
Figur 3. Virkesförrådets procentuella fördelning på trädslagsgrupper i Örebro län.



För brukad, produktiv skogsmark uppgår den stående virkesvolymens i länet till 96 miljoner m³sk, i genomsnitt 170 m³sk/ha. fördelning på trädslagsgrupper framgår av Figur 3. Barrskog dominerar med 46 procent gran och 36 procent tall, varav en mycket liten andel utgörs av contortatall. Lövträden utgör cirka 18 procent, varav drygt 1 procent är ädellöv, främst ek. Virkesförrådets fördelning på trädslag liknar riksgenomsnittet (Anon. 2017, 2018).

I Figur 4 redovisas istället hur skogstillväxten i Sverige och Örebro län fördelas på trädslagsgrupper². Även skogstillväxtens fördelning påminner för Örebro län om riksgenomsnittet. Barrträd står för 80 procent av tillväxten på brukad produktiv skogsmark. För riket är siffran 82 procent. Men andelen tall är något lägre i Örebro län (31 procent) än i Sverige (36 procent). Detta speglar en högre bördighet, med större del lämpliga granmarker jämfört med riksgenomsnittet. Lövträdens andel av tillväxten är i Örebro län (19 procent) detsamma som för riket (18 procent), men andelen bok och ek är mycket låg. Dock består virkesförrådet till 0,3 procent av ek som finns främst i de bördigare delarna av länet, t.ex. emot Hjälmarén söder om Ekeby och söder om Dylta och runt Hasselfors. Leveranser till Kähns, som är en golvtillverkare, tyder på viss avverkning även av ek. Skogen i dessa områden har ofta inslag som är mera typiska för den nemoral regionen. Skogskapitalet i Örebro län är dock i huvudsak knutet till boreala skogstyper.

Figur 4. Skogstillväxt fördelad på trädslagsgrupper (Anon. 2017, 2018).



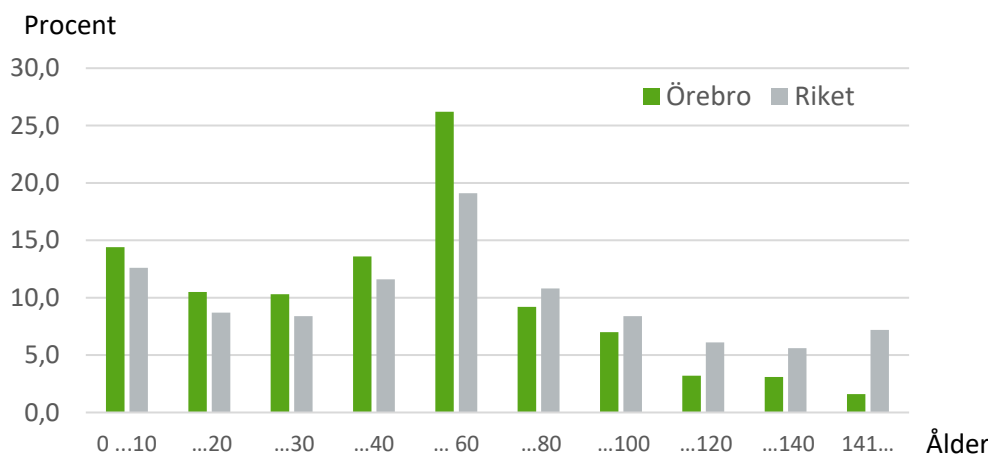
² Tallar domineras av vanlig tall men även små volymer contorta och lärk. I gruppen granar ingår små volymer ädelgranar och andra granarter. Björkar består av vårt- och glasbjörk.

Tillväxten i länet har under lång tid varit högre än den årliga avverkningen, vilket resulterar i ett stigande virkesförråd såväl som i en höjd årlig tillväxt.

Åldersfördelningen (Figur 5) för skog i Örebro län och skiljer sig från riksgenomsnittet genom en något högre andel skog i åldrar upp till 60 år. Detta torde främst vara en effekt av den relativt höga bördigheten i länen.

Med perspektiv på biodiversitet kan andelen ”gammal skog” vara av intresse liksom mängden död ved, som utgör ett substrat för många olika, delvis hotade, organismer. ”Gammal skog” definieras i den boreala regionen, dit Örebro län räknas, som skog äldre än 140 år. Länet har låg andel gammal skog jämfört med riksgenomsnittet. Mängden död ved ligger på cirka 8,5 m³/ha vilket även är riksgenomsnitt. Mängden död ved ökar, eftersom döda träd regelmässigt kvarlämnas vid avverkning, som en del av skogsbrukets generella naturvårdshänsyn. Dessutom skapas död ved aktivt på lämpliga områden genom lämnande av s.k. högstubbar som med tiden kan koloniserats av vedlevande insekter och liknande.

Figur 5. Skogens åldersklassfördelning. Tioårig klassbredd tom. 40 år, därefter 20 år (Anon. 2018).

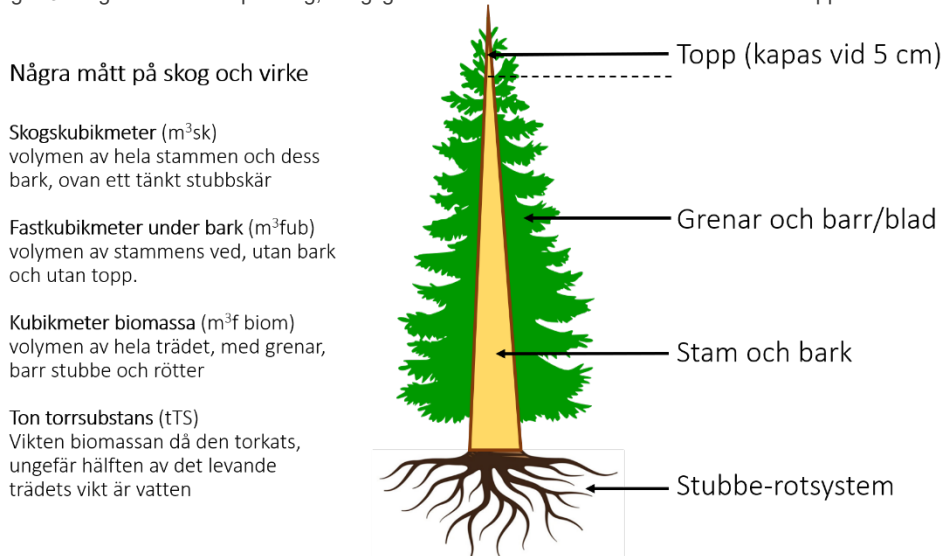


Lager av kol i Örebro läns skog och skogsmark

Följande avsnitt, där kolförrådet i Örebro läns skogar presenteras, bygger på data från Riksskogstaxeringen (SLU), som publicerar statistik kring Sveriges skogar. Uppgifter om avverkning och övriga skogliga arbeten har även erhållits från Skogsstyrelsens statistikavdelning i Jönköping. Då det gäller förrådet av kol i skogsmarken har data ställts till förfogande av Markinventeringen (SLU).

I avsnittet redovisas de antaganden som lagts till grund för beräkningarna. Resultaten presenteras jämsides siffror för hela landet, för jämförelsens skull. I Figur 6 definieras de skogliga måttenheter som använts.

Figur 6. Några av de mått på skog, skoglig biomassa och virke som används i denna rapport.



Den vanligaste måttenheten för stående skog är skogskubikmeter, m^3sk , som avser volymen av trädens stam inklusive bark från tänkt stubbhöjd till topp. Avverkat rundvirke anges oftast som fastkubikmeter under bark, m^3fub , och avser då volymen virke innanför barken. Skogsbränslesortiment kan anges som fastkubikmeter biomassa ($m^3f biom$) vilket avser volymen av all biomassa. Ett för energi- och kolhaltsberäkningar lämpligare måttslag är ton torrsubbstans (tTS) som beskriver vikten av den torra biomassan. Eftersom kol även binds i trädets grenar, blad/barr, i stubbe och i rotsystem ska biomassan i dessa fraktioner medräknas då lagret av kol i växande skog beräknas. Biomassans fördelning på fraktioner som stamved, bark, grenar, stubbe och rötter varierar med trädslag, beståndsstruktur och, framförallt, med trädets storlek. Som ett genomsnitt för svensk skog består ungefär 55 procent av stamved och bark och nära 20 procent utgörs av grenar, löv och barr. Resterande 25 procent är biomassa i stubbe-rotsystem.

Dagens virkesförråd i Örebro län

I Tabell 1 redovisas virkesförrådet av levande träd på produktiv skogsmark för Örebro län och Sverige i det traditionella måttet skogskubikmeter. Dessutom redovisas virkesförrådet för olika fraktioner som ton torrsubbstans. Skogarna innehåller dessutom död ved, länsvis 5–9 procent av virkesförrådet. Mängden död ved ökar för närvarande. Sannolika orsaker är att storskogsbrukets avverkning av döda träd i det närmaste har upphört och att grov död ved istället aktivt skapas, i form av högstubbar som en åtgärd för att skapa lämpliga substrat för hänsynskrävande vedlevande organismer. Ökningen är långsam och en jämviktspunkt kommer att uppnås där andelen död ved är ganska konstant. Mängden död ved då kan ses som ett statiskt lager av kol. Därför redovisas även mängden död ved, totalt och per ha.

Tabell 1: Virkesförråd, i m³sk totalt och per hektar för levande träd och död ved, samt som tTS för olika fraktioner levande trädbiomassa i Örebro län och i Sverige. Exklusive skyddad skog. Data avser år 2017 (Anon. 2018).

	Örebro län	Sverige
Totalt, m ³ sk	98 280 000	3 180 000 000
m ³ sk/ha	170	140
...dessutom, död ved m ³ sk	5 400 000	238 200 000
...dessutom, död ved m ³ sk/ha	8,5	8,7
Totalt, tTS, trädbiomassa ...	72 165 000	2 335 000 000
...varav stamved och bark	40 177 000	1 300 000 000
...varav grenar, barr och löv	13 908 000	450 000 000
...varav stubbe-rotsystem	18 080 000	585 000 000

I Tabell 2 redovisas den mängd kol som representeras av virkesförrådet i länet och i riket. Omräknat till kol finns i Örebro län nära 37 miljoner ton kol bundet i levande trädbiomassa och något under 1 miljon ton bundet i död ved. I Sveriges produktionsskogar finns cirka 1 200 miljoner ton kol bundet i levande träd och ytterligare cirka 36 miljoner ton kol i form av död ved.

Tabell 2: Virkesförrådet omräknat till kol för fraktioner av levande trädbiomassa samt i död ved i Örebro län och i Sverige, miljoner ton totalt (samt ton per hektar). Exkl. skyddad skog.

Miljoner ton kol totalt (ton kol per hektar)	Örebro län	Sverige
... i stamved och bark	20,5 (35,0)	663,0 (28,2)
... i trädbiomassa, totalt	36,8 (62,9)	1 190,9 (50,6)
... dessutom i död ved (ovan stubbhöjd)	0,8 (1,4)	36,4 (1,5)

Skogsmarken som kolsänka

Då trädens förna (döda växtdelar) bryts ner överförs en del av det kol som bundits i träden till marken. I skogsmark är lagret av markkol stort (Tabell 3). Mark som överförs till jordbruk, läcker kol till atmosfären. Men om marken åter beskogas reverserar denna process och förrådet av kol ökar. Efter avverkning kan en liknande process observeras. Inledningsvis ökar markkolet som en följd av nedbrytningen av stubbe-rotsystem och andra avverkningsrester som lämnats efter avverkning. Men därefter kan, åtminstone på bördigare marker, förrådet av markkol sjunka något. Detta är särskilt märkbart på bördigare skogsmark. Då beståndet når gallringsmognad (20 – 30 år) har markkolet vanligen åter nått den nivå det hade före avverkning. Orsaken till den tillfälliga minskningen kol i marken tycks främst vara ungskogens låga produktion av förna, jämfört med förhållandena i en sluten skog.

Tabell 3: Genomsnittligt lager av kol i Örebro läns skogsmark samt i Sverige som ton C/ha, ner till 100 cm djup. Exklusive torvmark och skyddad skog.

Ton kol totalt (ton kol per hektar)	Örebro län	Sverige
Totalt förråd markkol, ton C	47 256 000	1 360 000 000
Förråd markkol, ton C/ha	81	75

Kolets dynamik – Örebro läns skog i flödesperspektiv

I de båda föregående avsnitten redovisades hur skogen och skogsmarken representerar ett lager av kol, som under lång tid byggts upp genom dynamiska inbindnings- och nedbrytningsprocesser i skogsekosystemet. Summeras posterna för produktiv skogsmark så erhålls ett totalt förråd av kol bundet i levande skog, död ved och skogsmark enligt Tabell 4, där det också anges hur stor mängd koldioxid detta lager motsvarar.

Tabell 4: Totalt lager av kol bundet i levande skog, död ved och skogsmark som ton kol och omräknat till ton CO₂. Avser förråd ner till 100 cm djup på produktiv skogsmark, exklusive skyddad mark och torvmark.

	Örebro län	Sverige
Totalt förråd, ton C	84 060 000	2 957 100 000
Motsvarande mängd CO ₂ , ton	308 221 000	10 842 700 000

Lagret av kol i skog och skogsmark är inte statiskt, utan beror på balansen mellan de processer som skapat lagret. Mänsklig aktivitet påverkar denna balans. I följande avsnitt presenteras och kvantifieras de dynamiska processer som har störst betydelse för flödena av kol till och från skogen.

Tillväxt och avverkning

Trädens inbindning av kol sker vid tillväxtperioden, under vår och försommar. Under resten av året minskar mängden biomassa genom avdöende, betning och nedbrytning. Väderförhållanden, insektsangrepp, stormar etc. kan göra att balansen mellan tillväxt och avgång av kol från träd och mark är negativ. Under sådana perioder minskar förrådet av kol i skogsekosystemet. Om balansen istället är positiv, och mängden trädbiomassa har ökat, så har mängden lagrat kol blivit större.

Den första inventeringen av Sveriges skog färdigställdes 1929. Sedan dess har landets virkesförråd fördubblats. I Örebro län har utvecklingen varit likartad. Att länets tillgång på virke mer än fördubblats hänger delvis länet samman med att arealen produktiv skogsmark ökat. Ökningen, cirka 16 procent är högre än för landet i genomsnitt, cirka 6 procent. Ökningen har nog främst skett på den sämre jordbruksmarkens bekostnad, men någon utredning av detta har ej genomförts.

Förrådsuppsybygganden i länets och Sveriges skogar pågår fortfarande. I Tabell 5 redovisas årlig tillväxt, årlig avverkning och övriga avgångar. Det framgår av tabellen att tillväxtbalansen är positiv vilket innebär att lagret av kol bundet i skogarna ökar. På riksnivå ökade virkesförrådet under virkesåret 2018 med 1,1 procent medan ökningstakten var hela 1,9 procent i Örebro län. Under en

längre tidsperiod, 10 – 20 år, har förrådsupbyggnaden i länet varit mellan 0,5 – 1 procent/år.

Tabell 5: Genomsnittlig aktuell bruttotillväxt, avverkning och övriga avgångar samt kvarvarande nettotillväxt i Örebro län och i Sverige, tusental m³sk. (För Örebro har posten övriga avgångar antagits ha samma andel som riksgenomsnittet).

Virkesåret 2018	Örebro län	Sverige
Bruttotillväxt, 1000 m ³ sk	3 850	126 130
Avverkning, 1000 m ³ sk	2 510	81 520
Övriga avgångar, 1000 m ³ sk	276	8 967
Nettotillväxt, 1000 m ³ sk	1 064	35 643
Förrådsökning, procent av virkesförråd	1,1	1,1

Skogsbrukets emissioner av koldioxid

Skogsbrukets arbetsoperationer ger upphov till emissioner, till exempel från växthus där plantor odlas, från tillverkning av gödsel och från skogsmaskiner av olika slag samt vid transporter. Utsläppens storlek beror dels på arbetets omfattning; antal hektar som åtgärdats; kubikmeter som avverkats etc., dels också på regionala förutsättningar som trädstorlek och transportavstånd. Dataunderlaget för avsnittet har hämtats från publicerade studier av skogsarbeten och transporter från Skogforsk samt regional statistik över utförda skogsarbeten från Skogsstyrelsen i Jönköping.

Tabell 6 redovisar skogsbrukets utsläpp av koldioxid i Örebro län och i Sverige, justerade med hänsyn till regionala förutsättningar. Kortare transportavstånd på både landsväg och i terräng gör bränsleåtgången något lägre per m³fub i Örebro än i landet som helhet. Förbrukningen beräknades till 1,2 liter diesel per fastkubikmeter under bark (l/m³fub) för avverkning och 1,1 l/m³fub för terrängtransport. Jämfört med genomsnittet för landet ligger bränsleförbrukningen för avverkning på 103 procent, mest beroende på något klenare träd i gallring och på 97 procent i terrängtransport, beroende på kortare terrängtransportavstånd.

Vad gäller vidaretransport är utsläppen per utfört transportarbete (tonkm) något högre i länet som en följd av de kortare transportsträckorna, 78,3 km i Örebro län jämfört med 88,8 km för hela landet. De kortare transporterna innebär dock att bränsleförbrukningen per kubikmeter för transport till industri, 1,8 l/m³fub, är lägre i länet än genomsnittet för landet.

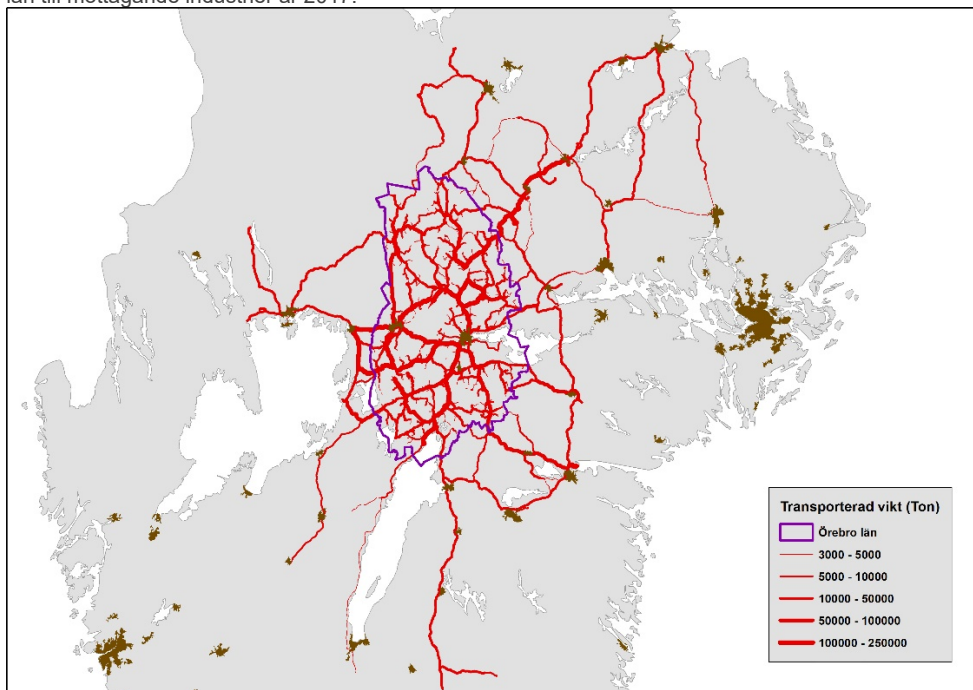
Den totala bränsleförbrukningen per m³ virke från Örebro län, är cirka 90 procent av riksgenomsnittet. En del skogsråvaran som avverkas inom länet transporteras till industrier utanför länet, huvudsakligen vid Vänerkusten. Men även industri runt Gävle, i Dalarna och i Småland är betydande kunder (Figur 7). Trots genomsnittligt korta sträckor transporteras alltså en del av virket över betydande avstånd. Vid beräkningen har länet belastats med hela utsläppet för transport av det virke som utfallit vid avverkning inom länsgränsen.

Goda förutsättningar, t.ex. genom korta terräng- och vidaretransportavstånd, virkesrika bestånd och relativt stora träd gör att den totala drivmedelsåtgången torde vara signifikant lägre i länet än medeltalet för Sverige. Med de funktioner

som använts för beräkning av drivmedelsbehovet blir en genomsnittlig förbrukning av diesel 4,6 l/m³fub i Örebro år 2017 att jämföra med 5,0 l/m³fub för landet som helhet (2016).

Siffrorna baseras på medeltal och funktioner utvecklade med hjälp av data från både studier och på driftsdata. De kan betraktas som rimliga estimat.

Figur 7. Skogsbrukets "blodomlopp" som visar omfattningen av virkestransporter från avlägg i Örebro län till mottagande industrier år 2017.



Tabell 6: Skogsbrukets utsläpp av koldioxid på grund av skogsarbeten och virkestransporter i Örebro län (2017) och i Sverige (2016), ton CO₂.

Skogsbrukets CO ₂ -utsläpp	Örebro	Sverige
Skogsvårdsarbeten	1 213	60 456
Avverkning och terrängtransport	13 577	411 312
Vidaretransport	12 773	401 169
Väghållning	2 194	68 186
Summa	29 758	941 124

En koldioxidbalans för Örebro län – skogsbrukets roll

I ovanstående avsnitt har lager av kol i skog och skogsmark samt de dynamiska effekterna av tillväxt, avverkning, övriga avgångar samt direkta utsläpp på grund av skogsbrukets arbetsoperationer och virkestransporter beräknats. Baserat på dessa bruttouppgifter kan en kolflödesbalans beräknas. Men för att göra beräkningen fullständig måste även nettoeffekterna av användningen av virkesråvara beräknas. Dessa uppstår då virkesråvara substitueras fossilbaserade inslag i produktion av varor och material och kallas substitutionseffekter.

Substitutionseffekter av skogsbrukets produkter

Substitutionseffekten består i att kolföreningar skördade i skogsekosystemet används istället för sådana kolföreningar som legat lagrade i fossila koldepåer. Ett enkelt exempel är användning av bränsleflis istället för stenkol vid energiproduktion (i princip kan alla produkter baserade på skogsråvara förbrännas då de tjänat ut). Mer komplexa samband gäller för användning av trä i byggande, eller som förpackningsmaterial. Skogsprodukter gör klimatnytta på följande sätt:

- De utgör, under sin livstid, ett lager av kol, en fortsättning av lagringen i levande trädbiomassa.
- De bidrar till att minska aktiveringen av fossila koldepåer och därmed ökningen av koldioxid i atmosfären.
- Under förutsättning att ett hållbart skogsbruk bedrivs, dvs att uttaget av biomassa över tid ej är högre än tillväxten, så medför utsläppen av koldioxid, då skogsprodukter förbränns, inte till höjd koldioxidhalt i atmosfären.

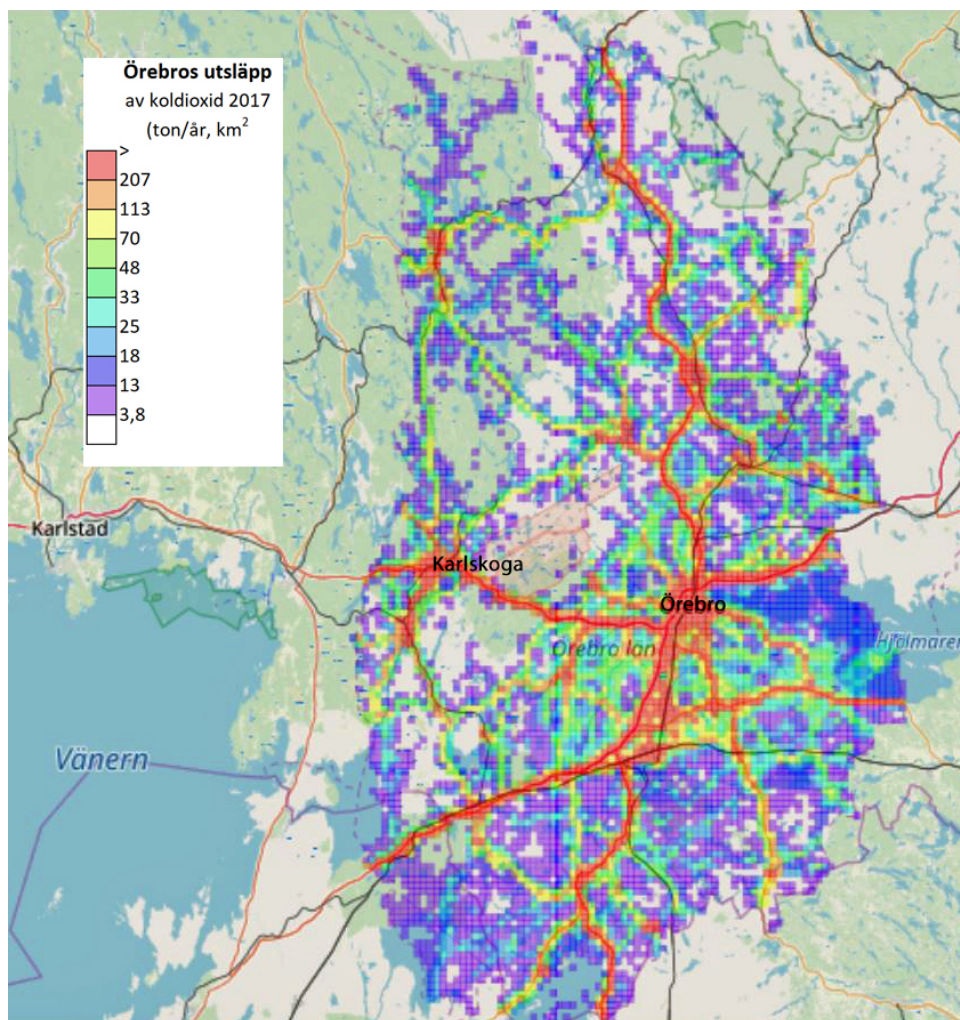
Substitutionseffekterna för svenska virkesprodukter har kartlagts i flera studier. En konservativ bedömning av substitutionseffekten redovisas av Lundmark m.fl. (2014), som fann att den i genomsnitt motsvarar 470 kg CO₂ per skördad kubikmeter skogsråvara. Leskinen m.fl. (2018) föreslår, baserat på en review av ett femtiotal studier, en 54 procent högre substitutionseffekt med en genomsnittlig substitutionsfaktor på 1,2 vilket motsvarar 726 kg CO₂ per skördad kubikmeter. I denna rapport används det lägre värdet.

Då skogsprodukter förbränns eller bryts ner så frigörs koldioxid, på samma sätt som vid användning av fossila material. Därför är de positiva effekterna av skogsbruket beroende av att virkesförråd, årlig tillväxt och produktion av virkesprodukter upprätthålls. I Bilaga 2 visas en enkel, principiell bild av kolets dynamik dels i en skog som inte brukas, dels i en aktivt brukad skog.

Koldioxidbalans för Örebro län

En koldioxidbalans har beräknats för att visa förhållandet mellan inbindning av koldioxid och de utsläpp som sker. Eftersom denna rapport fokuserar skogens och skogsbrukets roll så särredovisas de plus- och minusposter som har sitt upphov i skogssektorn.

Figur 8 visar hur utsläppen av koldioxid fördelade sig över länet år 2017, dvs samma år som gäller för övriga data. I Tabell 7 jämförs Sveriges och Örebro läns totala utsläpp av CO₂, med särredovisning av utsläppen från skogsbruk och virkestransporter.



Figur 8. Örebro läns utsläpp av koldioxid år 2017, 982 794 ton, och hur det fördelar sig över länet. Utsläppen koncentreras till tätorter och längs vägar. Källa: <http://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/>

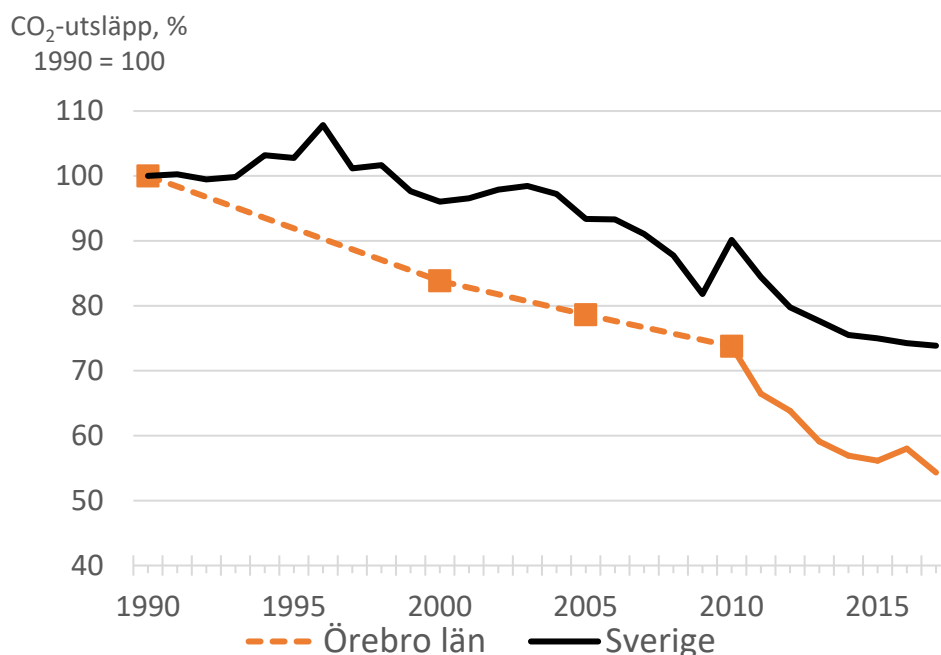
Att redovisa situationen för ett enskilt år, som görs i denna rapport, kan ifrågasättas. Den ger en ögonblicksbild. Skogstillväxten påverkas inte endast av skogskapitalets storlek och sammansättning utan även av väderleken ett aktuellt år: Avverkningens omfattning är starkt beroende av konjunkturläget.

Utsläppsnivåerna påverkas av den allmänna produktionstekniska utvecklingen och av olika regler, t.ex. olika *bonus-malus* system, som påverkar ett stort antal investeringar. Ett exempel på en långsiktig trend ges i nästa avsnitt som

avhandlar den långsiktiga trenden vad gäller koldioxidutsläpp.

Utsläpp av fossil koldioxid sker främst genom verksamheter där produktion, transporter och maskinella arbeten drivs med fossil energi, men även i viss mån vid uppvärmning av lokaler. Statistik över utsläppens storlek redovisas av Naturvårdsverket. De senaste 30 åren har landets redovisade koldioxidutsläpp minskat. Detta gäller i än högre grad för Örebro län som under perioden 1990–2017 nästan halverat sina årliga CO₂-utsläpp från drygt 1,81 till 0,98 M ton/år. Detta är bättre än riksgenomsnittet. För Örebro motsvarar 2017 års utsläpp 54

procent av mängden 1990, medan Sveriges utsläpp minskat till nivån 74 procent under samma tid (Figur 9). Skälen till de sjunkande utsläppsnivåerna har ej analyserats inom ramen för detta arbete.



Figur 9. Årliga koldioxidutsläpp i Sverige och i Örebro län 1990–2017 som procent av utsläppsnivå 1990. Streckad linje för Örebro län innebär att linjen utjämnats mellan statistikår markerade med fylld fyrkant. Heldragna linjer innebär att data varit tillgängliga för varje år. Endast s.k. territoriella utsläpp har medtagits, dvs utrikes transporter ingår ej (Baserad på data från www.naturvardsverket.se).

Skogens lager av kol skapas genom trädens tillväxt, från vilket ska borträknas avverkning och andra avgångar. Ett betydande utsläpp av koldioxid från skog sker också, genom trädens celledning och nedbrytning av död trädbiomassa. I Tabell 7 redovisas nettoeffekten av dessa processer, i form av virkesförrådets förändring under ett år.

Tabell 7: Inbindning och CO₂-utsläpp från skogsbruket och substitutionseffekter av skogsprodukter samt övriga utsläpp av CO₂, (exklusive förändrad markanvändning och utrikes transporter) år 2017 i Örebro och i Sverige, ton CO₂.

Ton CO ₂ /år	Örebro	Sverige
Nettotillväxt av virkesförråd	-1 460 000	-48 941 000
Årligt CO ₂ -utsläpp, skogsarbeten	15 000	472 000
Årligt CO ₂ -utsläpp, virkestransport	15 000	469 000
Skogsprodukter - substitutionseffekt	-1 179 000	- 38 314 000
Summa skogsbruket	-2 609 000	-86 314 000
Årliga utsläpp (exklusive skogsbruk)	953 000	51 719 000
Nettoutsläpp av CO₂	-1 656 000	-34 595 000

Då virke skördas sker ett uttag ur skogens kolförråd. Dessa virkesprodukter bidrar dock till koldioxidbalansen, genom substitutionseffekten, minst 470 kg koldioxid per skördad kubikmeter³. Då vi tar med detta i beräkningen finner vi

³ 470 kg CO₂ per skördad kubikmeter har antagits vid beräkningen av substitutionseffekt baserat på en studie av svensk skogssektor (Lundmark m.fl., 2014). Det är lägre än de ca 726 kg CO₂/m³ som rekommenderas av Leskinen m.fl. (2018).

att Örebro län, tack vare en omfattande skogsproduktion och relativt låga utsläpp av koldioxid hade en nettoinbindning på 1,7 miljoner ton CO₂ år 2017. För Sverige var nettoinbindningen cirka 35 miljoner ton koldioxid samma år.

I beräkningen får Örebro (och Sverige) tillgodoräkna sig hela substitutionseffekten av de produkter som baserats på virke från länet respektive landet. På motsvarande sätt belastas länet helt av utsläpp för produktion som skett innanför länsgränsen, men ej för sådana produkter som importerats till länet för konsumtion. I verkligheten konsumeras givetvis en stor del av produkterna på annan ort och importerade produkter som konsumeras ger upphov till koldioxidutsläpp på tillverkningsorten. Sverige exporterar upp emot 80 procent av skogsindustrins produkter.

Kan klimatnyttan av skogen ökas?

För att öka skogens klimatnytta bör man vidta de skogsskötselåtgärder som kan öka tillväxten. Goda föryngringar med anpassat trädslagsval, bästa tillgängliga plantmaterial, korta kalmarksperioder, gödsling etc. Lågt utnyttjad mark med glesa, oväxtliga bestånd bör prioriteras för avverkning och föryngras, före välslutna högproduktiva skogar. Sådana åtgärder ger ökad inbindning av koldioxid och därmed en högre klimatnytta. En höjning av ambitionsnivån för skogsvård, där investeringarna höjs med 20 procent jämfört med idag skulle kunna höja tillväxten med cirka 10 procent (Sonesson och Rosvall, 2011).

Substitutionseffekterna kan enkelt ökas genom att tillvarata en större andel av småträd, stubbar, grenar och toppar virke, som idag huvudsakligen lämnas kvar i skogen efter skörd. Alla marker är dock inte lämpade för en sådan, mera fullständig skörd. Barr och finkvistar innehåller en större andel växtnäringsämnen än stamveden. Därför kan det på svagare marker, på motsvarande sätt som inom jordbruket, uppstå behov av gödsling för att kompensera för den ökade bortförseln av mineralnäring. Om man följer Skogsstyrelsens rekommendationer kring uttag av grenar och toppar torde denna risk vara mycket liten. Stubbar och annat kvarlämnat virke kan även ha ett värde som substrat för olika vedlevande organismer knutna till död ved och ger dessutom skydd åt arter i fältskiktet. Det är bl.a. av dessa skäl viktigt att inte okritiskt intensifiera virkesuttaget. Utvecklingen bör följas för att etablera en uthållig nivå, och för att avgöra vilka kompensationsåtgärder som kan behövas.

Omkring en fjärdedel av landets kärr, mossar och myrar samt ett stort antal sjöar har avvattnats genom dikning, dränering och sjösänkingsprojekt. Sådana marker läcker nu koldioxid eftersom de något torrare markförhållandena medger nedbrytning av under lång tid ansamlat organiskt material i torv, dy och gyttja. För landet har beräknats att utsläppen för dessa marker motsvarar 11–12 miljoner ton CO₂/år, dvs en femtedel av landets registrerade utsläpp. Dessa utsläpp kan minskas eller reverseras genom att våtmarken återvätes, vilket enklast sker genom att avvattningsdiken läggs igen eller däms så att de förhållanden som rådde innan dikningsföretaget återställs. De största utsläppen sker från de mest produktiva objekten vilka oftast omförts till jordbruksmark. Det är alltså på jordbruksmark som de största möjligheterna finnas att genom återvätning minska utsläpp av koldioxid från marken.

Även på skogsmark finns dock relativt bördiga våtmarker i form av al- och rikkärr som kan ha berörts av dikning och här kan det vara befogat att överväga återvätning. Åtgärden kan ge adderade värden för flora och fauna och objekt där biodiversitetsmålen kan gynnas bör prioriteras framför en ensidig fokus på att minska utsläppen. Åtgärderna bör även ta hänsyn till produktionsmålen för jord- och skogsbruk och då enskilda markägare berörs bör frågan om ersättning för uteblivna framtida intäkter behandlas. Om granskog etablerats på ett kärr lämpligt för återvätning bör man vänta med åtgärden till efter en kommande slutavverkning.

Denna rapport behandlar främst skogsbruket och dess climateffekter. En stor del av klimatnyttan uppstår dock vid skogsindustrins förädling av skogsråvaran till ”klimatsmarta” produkter. Dessa bidrar i hög grad i omställningen till en

biobaserad cirkulär ekonomi. Byggmaterial, pappers- och förpackningsmaterial, textilfibrer, olika kemikalier och biobränslen är några exempel.

Trä för byggande, inredningssnickerier och möbler är långlivade produkter som väsentligt förlänger lagringen av det kol som bundits av det växande trädet. Sågverken tar emot drygt hälften av virket, i form av sågtimmer, för sin tillverkning. Från sågverken levereras överbliven bark, spån och torr justerverksflis för energiändamål. Den största restprodukten är dock massaflis till massaindustrin. Nästen hälften av råvaran från de runda stockarna som utgör råvara blir till flis och spån då fyrkantiga plank och bräder produceras.

Pappers- och massaindustrin är mottagare av de största flödena av virkesråvara, dels i form av massaved direkt från skogen, dels massaflis från sågverken. Något av massan går på export till pappersbruk i andra länder, men huvuddelen förädlas inom landet – massa- och pappersbruket är oftast integrerade. I Sverige produceras grafiskt papper (tidningspapper, skriv- och tryckpapper), kartong och mjukpapper. Färs fiber används för tillverkning av skriv- och tryckpapper medan tidningspapper innehåller hög andel returfiber. Idag består den svenska produktionen till 60 procent av olika kvaliteter kartong och till cirka 40 procent av papper (Skogsindustrierna, 2019).

Det mesta av den svenska produktionen av papper och kartong går på export, främst till EU där 80 procent av alla pappersförpackningar återanvänds. En pappersfiber kan återanvändas upp till sju gånger i tidningspapper och i olika kartongkvaliteter (Skogsindustrierna, 2019). Ju bättre system som skapas för recirkulation av produkterna, desto högre blir klimatnyttan. Idag söker skogsindustrin utveckla nya produkter som kan ersätta fossilbaserade, svårnedbrytbara eller energikrävande produkter. Man har kommit långt och påbörjat tillverkning då det gäller biobaserad plast med en bred användning för allt från flaskor och matförpackningar till engångsartiklar, sjukvårdsmaterial, bilinredningar liksom av textilfibrer med låg miljöbelastning och mycket mer.

Biobränslen i fast form, skogsflis, pellets och briketter utnyttjas i hög grad, inte enbart av skogsindustrin, utan utgör även det dominerande bränslet för landets fjärr- och kraftvärmeproduktion och i många egnahem. Över 100 TWh energi produceras årligen med hjälp av fasta trädbränslen och i stort sett alla trä- och pappersprodukter utnyttjas för energi, som ett sista steg då de tjänat ut. Även flytande biobränslen tillverkas av skogsråvara i form av restprodukter från massaindustrin. Mest känd och den största produkten är i dagsläget talloljan som används för framställning av biodiesel, men flera olika möjligheter finns. Redan från år 2021 kommer Preems raffinaderi att kunna försörja 15 - 20 000 bilar med förnybart bränsle baserat på pyrolysolja och tillverkningen av etanol för motorbränslen skulle kunna ökas betydligt (Skogsindustrierna, 2019).

Klimatarbetet påskyndar utvecklingen av en hållbar bioekonomi och i Sverige och i en region som Örebro län, med deras stora tillgångar på skog, får denna gröna, förnybara resurs en särställning för att bära omställningen. Mycket av infrastrukturen är på plats för ett sådant skifte och ett klokt utnyttjande av skogens produkter fyller redan viktiga behov med låg belastning på miljö och klimat. Men resan har bara börjat och mycket återstår. För att snabbt nå resultat är det nu viktigt att i partnerskap mellan skogsbruk, skogsindustri och samhälle öka och optimera produktion och användning av hållbart producerad skogsråvara. Träbyggande i stor skala kan ökas i Sverige och både know-how och produkter bör kunna lanseras internationellt. Idag är nationella byggnormer

och bristande tradition viktiga hinder för en sådan export. Klimathotet kan inte lösas enbart på hemmaplan. För att möta den utmaningen krävs att fler länder ställer om sin konsumtion till hållbara alternativ och även att dessa länder utvecklar en egen skogssektor. Sveriges roll kan här vara att visa vägen.

Klimathotet är globalt och måste lösas internationellt. Nationellt är givetvis högre koldioxidinbindning ett viktigt mål, men det är ändå inte det enda målet. All skog ska inte brukas intensivt, med hög volymtillväxt som enda mål. Skogsbruk måste utföras med hänsyn till biodiversitet och andra miljövärden, rekreation och andra näringar som är beroende av skogen. Även här är partnerskap och dialog kring hur målen ska nås nödvändiga för ett gott resultat.

Nya risker i nytt klimat

Abiotiska skador

Kraftiga stormar har återkommande orsakat stora skador för svenskt skogsbruk. Stormskador kan förväntas återkomma i framtiden, men det finns ingen tydligt ökad risk i de aktuella klimatscenarierna. Däremot kan de förväntade mildare och nederbördsrikare vintrarna innebära högre markfuktighet och mindre tjäle, med ökad risk för vindfällda träd som följd.

Skador av vårfrost, framförallt på unga granplantor men även andra trädslag, kan förväntas öka i ett varmare klimat. Orsaken är att högre temperaturer under våren ger en tidigare knoppsprickning hos träden så att de frostkänsliga nya skotten börjar växa när nätterna fortfarande är relativt långa. Längre nätter innebär ökad risk för utstrålningsfrost vid klart och vindstilla väder även om dagstemperaturerna är relativt höga. Även perioder av mycket mildt väder mitt i vintern kan få träden att bryta sin vintervila och om detta följs av omslag till vinterväder med minusgrader, kan det påverka trädens vitalitet negativt.

Aktuella klimatscenarier innefattar ökad frekvens av torra perioder med låg nederbörd och höga temperaturer. Detta kan stressa träd, särskilt på grovkorniga jordarter, grunda jordar och högt i terrängen. Trädslagen är olika motståndskraftiga mot torkstress och en tydlig riskfaktor är gran planterad på olämplig mark. Mer frekventa torrperioder ökar också risken för skogsbränder.

Träd som utsätts för någon av de abiotiska stressfaktorer som beskrivs ovan behöver perioder av mer normalt väder för att återhämta sig. Återkommande och multipla abiotiska stressfaktorer kan bidra till att träd dör eller åtminstone får nedsatt vitalitet så att de blir mer mottagliga för skadegörare.

Biotiska skador

Forskningsprogrammet Future Forests har bedrivit omfattande forskning kring skadegörare i ett framtida klimat. Resultaten, som sammanfattas i Björkman & Stenlid (2013) samt Boberg m.fl. (2014), utgör grunden för följande avsnitt.

Några av de ekonomiskt mest betydelsefulla skadegörarna i svensk skog är rotröta, granbarkborre och snytbagge. Trots det kan man hävda att svenska skogar, i ett internationellt perspektiv, varit ganska förskonade från angrepp av svampar och insekter. I ett varmare klimat finns mycket som talar för att skadorna kommer att öka. Befintliga skadegörare kan gynnas, som t.ex. barkborren som med varmare somrar kan producera fler generationer

skalbaggar under samma år. Men det finns också ett antal potentiella skadegörare i sydliga grannländer och som kan komma hit vid ett varmare klimat. Riskerna förstärks av att skadegörare effektivt sprids med internationell handel med växter och växtmaterial inklusive virke i t.ex. emballage och lastpallar. Ett exempel på en ny invasiv skadegörare är askskottsjukan, som för 25 år sedan var okänd för vetenskapen men som idag angripit askar så kraftigt att asken idag är med på rödlistan. Att förutsäga utvecklingen av en enskild skadeinsekt i ett förändrat klimat är svårt eftersom sambanden mellan insekten, värdväxten och insektens naturliga fiender är komplext och alla komponenterna påverkas på olika sätt av ett förändrat klimat. Om klimatförändringarna leder till att träd i större utsträckning utsätts för abiotiska skador och stress så kan detta ytterligare förstärka ökningen av biotiska skadegörare.

Anpassning av skogsskötsel

En mer osäker framtid med ökade risker för både abiotiska och biotiska skador kan mötas genom att anpassa skogens skötsel på olika sätt. Den största möjligheten att anpassa framtidens skogar har vi i förnygringsfasen, där valet av trädslag och genetiskt material görs. Vid valet av trädslag finns fler aspekter, dels en bedömning av hur de olika alternativa trädslagen är anpassade till ståndorten. Undvik t.ex. att föryngra torra marker med trädslag som är känsliga för torkstress, t.ex. gran på tallmark. Om det i framtiden blir uppenbart att ett trädslag drabbas mycket av nedsatt vitalitet och skador så är det en god anledning att byta till ett annat trädslag. Skogsägaren bör också ha en beredskap för att vissa bestånd kan behöva avverkas tidigare än planerat om skadesituationen så kräver. Om man blir tvungen att korta ner omloppstiden för att minska skaderisken så uppnår man troligen inte den nivå på virkesproduktion som skulle vara möjlig utan skador, dessutom minskar man det långsiktiga kolförrådet i skogslandskapet. Det är därför mycket viktigt att välja trädslag och genetiskt material som kan förväntas klara sig från framtida skador.

En strategi inför en osäker framtid är också att sprida riskerna genom att ha fler trädslag, detta kan tillämpas på en enskild fastighet eller som princip för hela länet. Ytterligare en aspekt på valet av trädslag är att arter med snabb ungdomstillväxt och tidig kulmination av medeltillväxten ger kortare omloppstider och därmed en möjlighet att snabbare byta trädslag, kanske inom 20 – 40 år. Exempel på sådana trädslag är björk, lärk, poppel och hybridasp. Trädslag med långsammare ungdomstillväxt kräver längre omloppstider för att nå ett gott ekonomiskt utbyte, vilket ger längre intervaller mellan möjligheten att byta trädslag. Sådana trädslag erbjuder därmed något mindre flexibilitet. Exempel är tall, gran och ek.

Förutom de inhemska trädslagen så erbjuder introducerade trädslag en möjlighet att sprida risker och ersätta skadedrabbade inhemska trädslag i framtiden. De för Örebro län mest aktuella arterna beskrivs i avsnittet ”potential för nya trädslag i Örebro län”. Några av dem odlas redan i begränsad utsträckning i länet. Vid introduktion av nya trädslag, särskilt i större skala, måste man hantera det faktum att introducerade arter innebär ekologiska risker (Felton m.fl. 2013).

Val av genetiskt material är minst lika viktigt som valet av trädslag. Förädlingsprogram med löpande testning av plantor på olika lokaler i olika

klimat och med urval med inriktning på robusta genotyper finns för gran, tall och björk. Det gör att man har större möjligheter med dessa tre trädslag att göra ett kunskapsbaserat val av genetiskt material för ett framtida klimat (verktyget Plantval, se nedan) än andra trädslag. Mer om genetiskt material i följande avsnitt.

Idag gallrar vi normalt våra skogar en till tre gånger under omloppstiden. Gallringarna i sig förskjuter den ekonomiskt optimala tidpunkten för slutavverkning framåt i tiden. Fördelen med gallringar är bl.a. att de ger ett tidigt uttag av virke och man kan styra den framtida tillväxten till de träd man lämnar kvar. Genom att välja lämpliga trädslag och oskadade träd att lämna efter gallring kan man höja värdet på det framtida beståndet. En nackdel med gallringar är att beståndet de närmaste följande åren är mer känsligt för storm och snöbrott än ett ogallrat. Risken för stormskador ökar med ökande trädhöjd, särskilt gallring i äldre skog innebär hög risk. Gallring kan också öka risken för rotröta, särskilt om man gallrar vid fel tid på året och utan stubbehandling. För att minska risken för stormskador är en skötselmodell utan gallring och med en kortare omloppstid en möjlighet.

Att sprida risker genom att ha fler trädslag kan göras på flera sätt. Man kan sköta trädslagsrena bestånd av olika trädslag eller blanda flera trädslag inom bestånd. Mellanformer där trädgrupper av annat trädslag blandas in i olika omfattning i annars homogena bestånd kan varieras mycket. Blandbestånd har fler fördelar om man ser till skogens leverans av olika ekosystemtjänster (Felton m.fl. 2016), men nackdelen är en ofta mer komplicerad skötsel. Blandbestånd kan också förväntas ha högre motståndskraft mot bl.a. skadegörande insekter (Klapwijk m.fl. 2016) och stormar (Valinger och Fridman 2011).

Hyggesfria skötelsystem kan minska risken för vissa skador, men öka risken för andra (Sonesson m.fl. 2017). Begreppet hyggesfri skötsel innefattar en stor variation av skötelsystem och metoder och vissa varianter av hyggesfri skötsel kan minska risken för insektsskador (Klapwijk m.fl. 2016) på samma sätt som blandskog genom att gynna skadeinsekternas naturliga fiender. Kunskapsläget om hyggesfria metoder och skador är dock begränsat för svenska förhållanden. Det är dock klart att omställning av äldre enskiktad skog till fler- eller fullskiktade skogar innebär ökad risk för stormfällning genom friställning av höga träd som vuxit upp i relativt täta bestånd. Träd som vuxit upp i skiktade skogar och träd som förberetts med succesiv friställning kan klara stormar bättre, även vid hög trädhöjd.

Val av genetiskt material vid föryngring

Vid föryngring/återbeskogning tas ett flertal olika beslut som påverkar beståndets framtida utveckling. Om man har som mål att få ett klimatanpassat bestånd med hög produktivitet är val av trädslag, skötselmetod och genetiskt material mycket viktiga. I kommande stycken redovisas trädslagsval och skötselmetoder medan det här stycket fokuserar på valet av genetiskt material.

För trädslag med operativa förädlingsprogram (tall, gran, contortatall, björk och lärk) väljs träd ut som kombinerar hög tillväxt, kvalitet och vitalitet med ett anpassat tillväxtmönster. Ett genetiskt testat och utvalt material från en fröplantage ger därmed en ökad värdeproduktion och ett förutsägbart beteende.

I nordiska förhållanden antas dessutom klimatförändringarna att påverka produktionspotentialen positivt med tillväxtökningar på 25-30procent (Bergh m.fl. 2010).

Men när klimatet förändras påverkas samtidigt grundläggande förutsättningar för plantor och träd, t.ex. tidpunkten för tillväxtstart, risken för skador av insekter, svampar och frost, m.m. Forskning har visat på möjligheterna att kombinera kunskap om trädartens inneboende genetiska variation och anpassningsmönster med klimatdata för att förutsäga vilka plantmaterial som kommer att fungera bäst i ett framtida klimat. Man bör alltså vara proaktiv i urvalet av genetiskt plantmaterial för att undvika missanpassning och säkerställa hög kvalitet och biomassaproduktion i våra framtida skogar.

Skogforsk har utvecklat ett verktyg för klimatanpassade rekommendationer av genetiskt plantmaterial, Plantval (<https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/plantval/>) som visar lämpliga tillgängliga frökällor för en valfri planteringslokal och rangordnar dem efter en beräknad arealproduktion över en omloppstid. För Sverige söder om den biologiska norrlandsgränsen gäller generellt att en fröplantage kan användas över ganska stora områden men för gran gäller speciellt att skilja på planteringslokaler med avsevärd risk för sen vårfrost och mildare förhållanden. För lokaler med hög frostrisk, finns genetiskt material utvalt som är speciellt anpassat för sen skottskjutning på våren. För mildare lokaler finns istället fröplantager med tidigare skottskjutning och ett längre utnyttjande av tillväxtsåongen. I södra delen av Örebro län torde det företrädesvis vara förhållandevis milda lokaler. I de norra delarna av länet, kan det vara befogat att på frostlänta lokaler att nyttja senskjutande granplantor.

Potential för nya trädslag i Örebro län

Möjligheter och förutsättningar

Örebro län har ett varierat klimat från mycket gynnsamma lokalklimat runt de stora sjöarna i söder till kärvare klimat på högre altituder i de norra delarna av länet. Möjligheterna för användning av främmande trädslag påverkas av detta. Behovet av ökad biomassa kan mötas med nya trädslag. Det finns lämpliga barr- och lövträdslag som kan användas för ökad produktion, och för ökad riskspridning i den osäkra framtid som olika klimatscenarier visar. Dessa nya förutsättningar innebär såväl klimatiska utmaningar för våra inhemska trädslag t. ex gran men också risk för nya skadegörare. Dessutom bidrar den ökade tillväxten till klimatnytta genom CO₂-upptag. Lärk, poppel och hybridasp har förutsättningar att snabbt öka kolinlagringen genom sin höga tillväxt. De minskar också risken genom sin korta omloppstid jämfört med andra trädslag. 16 – 25 år för poppel och hybridasp och 30 – 45 år för lärk, till slutavverkning. Vid storm eller skador ger de netto även vid för tidig avverkning. Substitutionseffekter av det skördade virket är en viktig komponent i skogsbrukets klimatnytta och hur virket av nya trädslag kommer att användas är osäkert. Det är inte självklart att substitutionseffekterna blir desamma som med de trädslag som de nya kan förväntas ersätta. Att introducera nya trädslag i stor skala kan också vara förknippat med störningar i befintliga ekosystem. Dessa kan variera beroende på trädslag och måste alltid vägas mot fördelarna

Begränsningar genom lagar och certifiering

Enligt 9 § skogsvårdsförordningen får främmande trädslag endast ”i undantagsfall” användas som skogsodlingsmaterial. Skogsmarkens ägare ska i förväg till Skogsstyrelsen anmäla användning av främmande trädarter om arealen överstiger 0,5 hektar.

Både certifiering enligt FSC och PEFC reglerar användning av främmande trädslag i olika omfattning. FSC är mer restriktivt än PEFC.

Hybridlärk (*Larix × marschlinsii*)

Hybridlärken är en korsning mellan europeisk lärk och japansk lärk. Den har en snabb ungdomstillväxt och medelproduktion skattas enligt nya undersökningar till cirka 30 procent högre än granens. Den kan drabbas av viltskador, men hittills bara i liten utsträckning av insekts- och svampskador. Virket är inte prioriterat i nuvarande industriprocesser, men vid rätt kvalitet kan virket ge hyggliga priser. Den klarar torrare marker än gran och kan även på tallboniteter ge en avsevärd merproduktion. Den kan rekommenderas i de bättre klimatlägena inom länet.

Sibirisk lärk (*Larix sibirica*)

Sibirisk lärk har konstaterats i fossil ved från norra Sverige för cirka 9000 år sedan och räknas därför som ett inhemskt trädslag och påverkas därför ej av den lagstiftning som nämns ovan. Den har en lägre tillväxt än hybridlärken, ungefär som gran, men med en kortare omloppstid. De är mer hårdig än hybridlärken och lämplig för de norra delarna av länet. Virkesegenskaper och ståndortskrav är samma som för hybridlärken.

Hybridasp (*Populus tremula* x *P. tremuloides*)

Hybrid Aspen är en korsning mellan amerikansk och europeisk asp. Den räknas som en införd art. Den kan producera 20 – 30 m³sk per hektar och år på god mark. Företrädesvis rekommenderas hybridasp på nedlagd jordbruksmark, men kan användas också på bördig skogsmark, t.ex. efter en grangeneration på tidigare jordbruksmark. Hybridaspens ved är väl lämpad som massaråvara eller för bioenergi. Föryngringen med rotskott är enkel men viltbetetrycket högt.

Poppel (*Populus* sp.)

Poppel är ett samlingsnamn på flera arter eller hybrider mellan arter. Poppel är lämpad på näringsrika jordar, vilket i praktiken betyder jordbruksmark. Den är känslig för sur mark (lågt pH) i föryngringsskedet och lämpar sig därför bäst på kalkhaltiga marker i de södra delarna av länet. Produktionen där kan uppgå till över 30 m³sk/ha år. Den föryngras lätt med sticklingar efter en kraftig markberedning. Virkets användning är desamma som för hybridasp. I Italien och Frankrike samodlas poppel med jordbruksgrödor i så kallat Agroforestry, ett skötselsystem som bör ha potential ur kolsynvinkel även i Mellansverige.

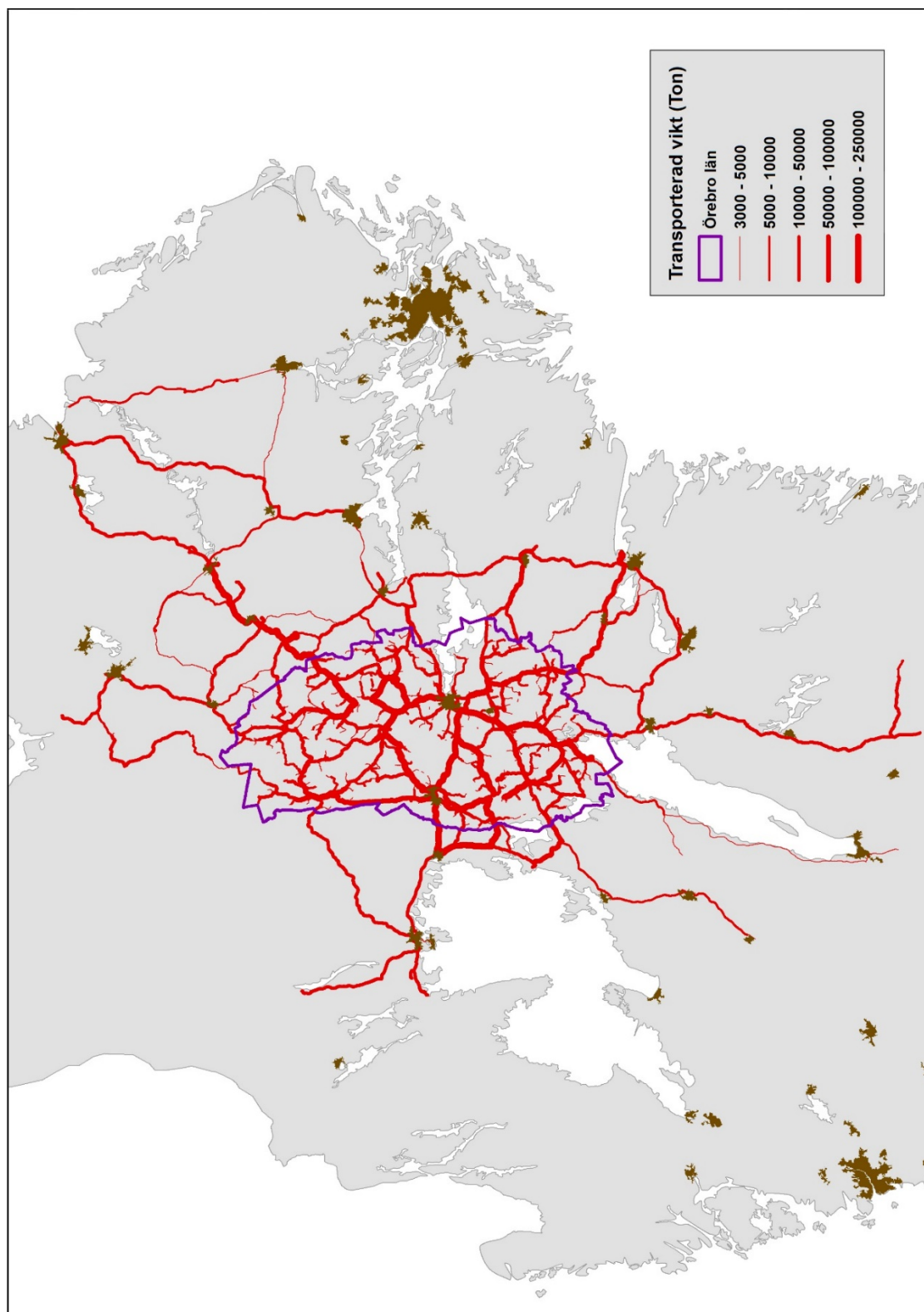
Referenser

- Aldentun, Y., 1999. Livscykelinventering av fyra plantskolor. Skogforsk Resultat 9–1999.
- Anon., 2016. SKOGSDATA 2016, Tema: Skogen då, nu och i framtiden. Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2016.
- Anon., 2017. SKOGSDATA 2017, Tema: Skogsmarkens kolförråd, Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2017.
- Anon., 2018. SKOGSDATA 2018, Tema: Riksskogstaxeringens kvalitetssäkringsarbete, Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2019.
- Anon., 2019. SKOGSDATA 2019, Tema: Skogens struktur, Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2019.
- Berg, S., 2014. Skogsbrukets energiförbrukning och miljöpåverkan, i Thor, M. & Thorsen, Å. (Red.), Effektivt skogsbruk – ett långsiktigt miljöarbete, Skogforsk.
- Björheden, R. & Segeborg-Fick, A., 2014. Energi från skogsråvara. I Rådström, L. & Thor, M. (Red.) Skogsnäringens värdekedjor, Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift, 1/2014.
- Björheden, R., 2019. Det svenska skogsbrukets klimatpåverkan – upptag och utsläpp av växthusgasen koldioxid. Skogforsk, ISBN 978-91-88277-08-04, 24 s.
- Boberg, J., Klapwijk, M., Stenlid, J. & Björkman, C. 2014. Skadegörarna utmanar skogen. Future Forests syntes. SLU, Umeå.
- Brunberg, T., (manus). Bränsleförbrukning och förslag till minskning. Skogforsk, opublicerad.
- Felton, A., Boberg, J., Björkman, C. & Widenfalk, O. 2013. Identifying and managing the ecological risks of using introduced tree species in Sweden's production forestry. *For. Ecol. Man.* 307. 165-177.
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton A.M., Roberge, J.-M., Ranius, T., Ahlström, M., Bergh, J., Björkman, C., Boberg, J., Drössler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmström, E., Kesitalo, E.C.H., Klapwijk, M.J., Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Sténs, A., Wallertz, K. 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: A comprehensive assessment of the social-ecological implications. *Ambio* 45(Suppl 2.): S 124-139. DOI 10.1007/s13280-015-0749-2
- Klapwijk, M., Bylund, H., Schroeder, M. & Björkman, C. 2016. Forest management and natural biocontrol of insect pests. *Forestry* 89. 253-262.

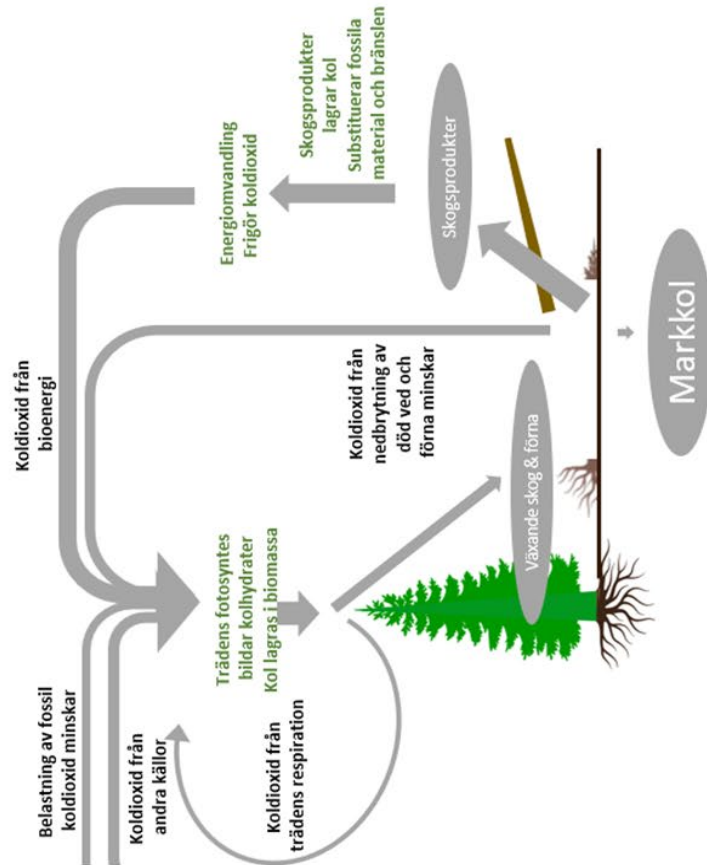
- Fossilfritt Sverige, webbplats (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – skogsnäringen*. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_skogsnaringen.pdf
- IPCC's webbplats (2018). *WGI Fourth Assessment Report (AR4)*, hämtad 2018-04-12 på <https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html>
- Lamlom, S. H. & Savidge, R. A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* 25 (2003) 381 – 388.
- Leskinen, P., Cardellini, G., González-García, S., Hurmekoski, E., Sathre, R., Seppälä, J., Smyth, C., Stern T. & Verkerk, P. J., 2018. Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation. From Science to Policy 7. European Forest Institute, 28p.
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B. C., Sathre, R., Taverna, R. & Werner, F., 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation, *Forests* 2014, 5, 557-578; <https://doi.org/10.3390/f5040557>
- Lundmark, T., Poudel, B. C., Stål, G., Nordin, A. & Sonesson, J., Carbon balance in production forestry in relation to rotation length. *Canadian Journal of Forest Research*, 2018, 48(6): 672-678, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0410>
- Löfroth, C. & Rådström, L., 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. Skogforsk, Arbetsrapport 624/2006.
- Naturvårdsverkets webbplats (2019). *Statistik över koldioxidutsläpp* på <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/> samt <http://www.naturvardsverket.se/klimatutslapp>
- Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (Eds.), 2007. IPCC Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Wilhelmsson, L., 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå. Skogforsk, Arbetsrapport 926/2017.
- Sonesson, J. och Rosvall, O. 2011. Lönsamma åtgärder för ökad tillväxt på Sveaskogs marker. Rapport, Skogforsk.
- Skogforsks webbplats (2019). *Data kring rikets och regionernas virkestransporter* <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2019/skogsbrukets-vagtransporter-2016/>
- Skogsindustrierna, 2019. <https://www.skogsindustrierna.se> besökt 2019-12-09.
- Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, webbplats (2018). *SLU-markinfo* <http://www-markinfo.slu.se/sve/kem/cnph/cn.html> besökt 2018-03-20.

- Stendahl, J., Johansson, M.-B., Eriksson, E., Nilsson, Å. & Langvall, O., 2010. Soil organic carbon in Swedish spruce and pine forests – differences in stock levels and regional patterns. *Silva Fennica* 44(1): 5–21.
- Valinger, E. & Fridman, J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow a stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *For. Ecol. Man.* 262:3. 398–403.

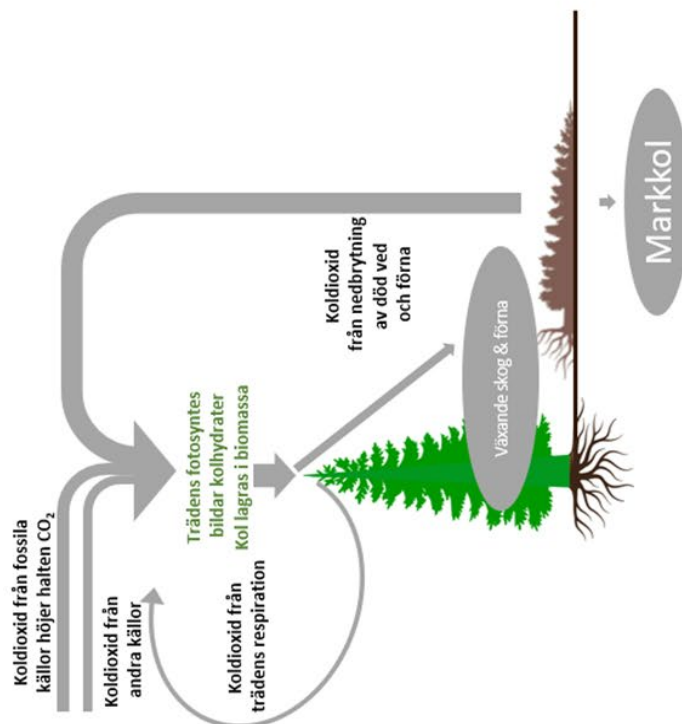
Bilaga 1 Karta över virkestransporter från Örebro län, 2017



Flöden och lager av kol i en obrukad skog och i en skog där aktivt skogsbruk pågår. Flöden (pilar) och lager (elipser) är inte skalenliga.



Flöden av kol i en brukad skog



Flöden av kol i en obrukad skog



Länsstyrelsen
Örebro län

Materialet är framtaget i samarbete med
Skogforsk, Skogsbrukets forskningsinstitut.



Länsstyrelsen i Örebro län
Stortorget 22, 701 86 Örebro
010-224 80 00
orebro@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/orebro