

Ökat förädlingsvärde för svenskt lövträ

– från skog till byggprodukter

Maria Iwarsson Wide, Lotta Woxblom, Nils Lindgren, Oskar Gustavsson, Kalvis Kons, Henrik Danielsson¹ och Johannes Jonasson¹

1. Avdelningen för byggnadsmekanik, LTH



Björkskog. Kalvis Kons, Skogforsk.

Innehåll

Förord	4
Bakgrund	7
Syfte	8
Kan björken komma att få en roll inom svensk trä- och byggindustri?	9
Nuläge, trender och pågående satsningar	9
FoU om björk och andra lövträ(d)slag	10
Björken som konstruktionsmaterial – en standard i sikte?	11
Björkens roll som råvara i den trämekaniska industrin	11
Trä i byggande – möjligheter och utmaningar	11
Produktion av KL-trä och limträ	12
Utblick	14
Exempel på lövträ i byggande i andra länder	14
Finland och björken – både likheter och skillnader jämfört med Sverige	15
Björken – kanske en framtida resurs för svensk trä- och byggindustri	16
Hönan eller ägget – vad kommer först?	16
Betydelsen av att någon går först	17
En palett av material som väcker nyfikenhet och skapar möjligheter	17
Potentiella uttag - volymer, dimensioner, kvaliteter och råvaruegenskaper	18
Beskrivning av potentiellt uttag	18
I syfte att undersöka potentiella sågbara volymer av björk samlades skördardata samt transportdata	18
Skördardata	18
Transportdata	18
SKA22 samt Riksskogstaxeringens data	19
Resultat	19
Dagens potentialer, uttag och användning	19
Framtidsscenario	21
Bedömning av råvarukvaliteter	22
Diskussion	23
Effektiv hantering av små sortimentsvolymer i vidareförädling	24
Effektiv logistik för hantering av små sortiment	24
Diskussion	27
Materialegenskaper för lövträ	28
Litteraturstudier	28

Provningar av brottenergi.....	30
Utveckling av datorbaserade modeller.....	33
Byggnadselement av lövträ	34
Vibrationsprestanda för KL-träbjälklag av lövträ	34
Konsekvenser för anslutningar och förband.....	36
Referenser	38



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Magnus Thor, Forskningschef, har granskat och godkänt
publikationen för publicering 26 november 2024.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
©Skogforsk 2024 ISSN 1404-305X

Summary

Sweden's forests contain a significant volume of broadleaved trees, whose potential is currently not fully exploited. A better use of this resource can lead to a more diversified forest industry, strengthened sustainability in the construction sector, increased forest value for forest owners, and improved biodiversity.

The aim of this project is to promote increased production of hardwood from Swedish broadleaves, particularly birch, by generating new knowledge about their properties, handling, and potential. The focus lies on improving the quality and practical use of the hardwood from broadleaves for the construction sector, while considering sustainability aspects and biodiversity.

An important factor in expanding the use of Swedish broadleaves in industry and increasing the added value of the domestic raw material is to identify the wood properties and the potential harvest in different regions. An analysis of harvester data shows that a significant proportion of the birch volume is sawable, but that almost all stems currently harvested are bucked to pulp- or fuelwood. One challenge to improving timber quality is the natural tendency of birch trees to be crooked.

Experimental tests in this project showed that birch has good mechanical properties, making it suitable for construction purposes. Calculation models were developed to analyse and optimise its use in building elements. The results showed that birch has potential to improve the dynamic properties of construction products such as cross-laminated timber (CLT). Broadleaves also contribute to increased biodiversity and climate adaptation, and have aesthetic and strength-related advantages that are particularly attractive in Nordic design.

Today, few sawmills handle hardwood from broadleaves commercially. By highlighting the birch's possibilities for the construction sector, demand for this type of product would increase considerably. This, in turn, can strengthen market signals for sawn hardwood products, and create a basis for industry to invest in developing processing of broadleaves. Such a development can also increase revenues for forest owners through higher prices for sawn assortments.

The following proposals are based on the results of the project:

- Develop bucking instructions and quality models for birch, to increase the proportion of sawable volumes.
- Improve knowledge about broadleaves among landowners and wood-buying organisations.
- Invest in new technologies and processes for processing of broadleaves.
- Develop products that meet market demand for high-quality and sustainable construction products.

In summary, the project shows significant potential for greater use of broadleaves in the Swedish construction sector, which can generate both economic and environmental benefits.

Sammanfattning

Sveriges skogar innehåller en betydande volym lövträd vars potential inte utnyttjas fullt ut idag. Genom att bättre ta till vara denna resurs kan skogsindustrin bli mer diversifierad, hållbarheten inom byggsektorn stärkas samt skogens värde ökas, både för biologisk mångfald och för skogsägaren.

Detta projekt syftar till att öka användningen av svenskt lövträ, särskilt björk, genom att skapa ny kunskap om dess egenskaper, hantering och potential. Fokus ligger på att förbättra kvaliteten och användbarheten av lövträ för byggsektorn, samtidigt som hållbarhetsaspekter och biologisk mångfald beaktas.

En viktig faktor för att bygga ut den svenska lövträindustrin och öka förädlingsvärdet på inhemsk råvara är att klargöra vilka potentiella uttag som kan göras i olika regioner och vilka kvaliteter de har. En analys av skördardata visar att en betydande del av björkvolymen är sågbar, men att nästan allt virke i dagsläget apteras till massa- eller bränsleved. En utmaning för att uppnå timmerkvalitet är björkens naturliga tendens till krokighet.

I projektet utfördes experimentella tester som visade att björk har goda mekaniska egenskaper, vilket gör den lämplig för konstruktionsändamål. Beräkningsmodeller utvecklades för att analysera och optimera dess användning i byggnadselement. Resultaten visar att björken har potential att förbättra de dynamiska egenskaperna hos byggprodukter som KL-trä (korslimmat trä). Lövträ bidrar dessutom till ökad biologisk mångfald och klimatanpassning, med estetiska och hållfasthetsmässiga fördelar som är särskilt attraktiva i nordisk design.

Idag är det få sågverk som hanterar lövträ kommersiellt. Genom att lyfta fram björkens möjligheter inom byggsektorn skulle efterfrågan på denna typ av produkter kunna öka markant. Detta i sin tur kan stärka marknadssignaler för sågade lövträprodukter och skapa en bas för industrin att satsa på utveckling av lövträförädling. En sådan utveckling kan också innebära ökade intäkter för skogsägarna genom högre betalning för sågade sortiment.

Baserat på projektets resultat föreslås att i nästa steg:

- Utveckla apteringsinstruktioner och kvalitetsmodeller för björk för att öka andelen sågbara volymer.
- Förbättra kunskapen om lövträ bland markägare och virkesköpande organisationer.
- Investera i nya teknologier och processer för lövträförädling.
- Utveckla produkter som möter marknadens efterfrågan på högkvalitativa och hållbara byggprodukter.

Sammanfattningsvis visar projektet på en betydande potential för ökad användning av lövträ i den svenska byggsektorn, som kan leda till både ekonomiska och miljömässiga fördelar.

Förord

I denna rapport sammanfattas resultaten från de fem olika arbetspaketen inom projektet **Ökat förädlingsvärde för svenskt lövträ – från skog till byggprodukter**.

Projektet har genomförts med finansiering från Södras Forskningsstiftelse och letts av Skogforsk, som i samarbete med institutionen för Byggnadsmekanik vid Lunds Tekniska Högskola, har genomfört projektet under perioden 2022-04-01 till 2024-03-29. Projektet har även haft stöd från Wooden Structures, Aalto University. Vi vill rikta ett stort tack till våra kontakter och referensgruppen från Södra Skogsägarna, Patrik Lindenbjär, Kristoffer Segerholm, Daniel Andersson och Anders Ekstrand, för input, avstämningar, data och en löpande dialog.

Författarna

Bakgrund

Hela 23 procent av Götalands virkesförråd utgörs av lövträd, en andel som har ökat stadigt sedan 1980-talet till följd av klimatet, nya policys och certifieringar. Merparten av lövet finns inblandat i barrskogen, men det finns även lövträdsdominerade skogar, framför allt i de sydligaste länen (Skogsdata 2020). Ett ökat lövträdsinslag är önskvärt för att skapa hållbara skogar samt ur naturvårds- och rekreationssynpunkt, och bidrar till en mer varierad landskapsbild. Ett ökat lövträdsinslag innebär även att riskerna i skogsbruket sprids (Bylund & Rytter 1997). Lövträd är ofta mer motståndskraftiga än barrträd mot stormskador, insektsangrepp och bränder, och drabbas inte av rotröta i någon större omfattning.

Björken står för drygt tio procent av virkesförrådet i Götaland. I dessa volymer döljer sig en hel del sågbara kvaliteter (Nyberg 2021) och det finns därför potential för att en ökad andel lövträ kan förädlas till sågade produkter i framtiden. Trots potentialer att ta ut mer björktimmer apteras dessa dimensioner till massa- eller bränsleved idag, då efterfrågan på massaved är stor, priserna på energived är höga och hanteringskostnaderna för mindre sortiment är stor. Samtidigt saknas ofta tillräckliga avsättningsmöjligheter för sågbara sortiment. Detta leder till minskande intäkter för skogsägarna. Ofta saknas även kunskap om vilka kvalitetskrav som gäller för sågbara sortiment av björk (Nyberg 2021). Björkens virke kommer med stor sannolikhet att vara eftertraktat även i framtiden, tack vare det höga energiinnehållet och träslagets lämplighet för pappers- och textilmassa, plywood och andra svarvade produkter samt möbler och inredningar med mera (Warensjö 1997).

Totalt avverkas drygt 9 miljoner m³sk lövträd per år (Skogsdata 2020). Lövsågverkens totala förbrukning av råvara har mer än halverats sedan mitten av 1990-talet, fram till dagens knappt 200 000 m³fub per år (Fahlvik m.fl. 2021). Sågverkens förbrukning av björk uppgår till ca 50 000 m³fub (Fahlvik m.fl. 2021). Antalet svenska lövsågverk har minskat och under 2020 var det två sågverk som tog emot mer än 10 000 m³fub lövråvara och ett mindre som tog emot ca 3 000 m³fub (Skogforsk 2021, Karlsson m.fl. 2011).

En möjlighet att höja skogsägarnas rotnetto är att skapa förutsättningar för ökat förädlingsvärde för björk och andra lövträslag, till exempel i form av högkvalitativa produkter för byggändamål. En kontinuerlig efterfrågan möjliggör större timmeruttag och jämnare flöden även av lövträ. Flera träslag har potential att användas för byggändamål, främst den inhemska björken och boken samt de snabbväxande arterna hybridasp och poppel. På något kortare sikt har björken störst potential att vara en betydande resurs i den svenska virkesproduktionen. Fokus i detta projekt kommer därför att vara björk, men även bokens och övriga lövträds potential kommer att beaktas.

Tidigare studier kring björk som sågråvara har lyft fram ett antal faktorer som hitintills hindrat en positiv utveckling. Svårigheter som nämns är att efterfrågan på massiv björk för möbler och inredning varierar starkt med trender. Sågverken har även haft svårt att få leveranser från skogen av rätt kvalitet och vid rätt tidpunkt. Björkens lägre volymtillväxt än gran som växer på samma mark, har hittills gett sämre betalt per hektar, något som påverkar skogsägarnas vilja att sköta björken för timmerproduktion. Detta har i sin tur resulterat i kvistigt virke, klenare dimensioner, mer rödkärna och längre omloppstider. Dessutom är kunskapen om lövsortimenten ofta bristfällig, hos såväl skogsägare som råvaruköpare hos större aktörer (Warensjö 1997).

I det moderna träbyggandet, där flervåningsbyggandet slagit igenom på bred front, används olika träbaserade produkter. Inte minst KL-trä (korslimmat trä, CLT) har visat

sig vara en mycket användbar produkt tack vare industriella tillverkningsprocesser, prefabricering av byggdelar på fabrik och ett effektivt montage på byggarbetsplatsen. I Sverige används för närvarande nästan uteslutande gran eller i vissa fall furu för tillverkning av träprodukter för bärande ändamål. Björkens virke skulle mycket väl kunna passa för tillverkning av byggkomponenter. Den mesta forskning som finns publicerad kring mekaniska egenskaper för lövträ är av allmän karaktär och inte i första hand inriktad mot användning för bärande konstruktioner. Tidigare studier visar dock att flera vanliga europeiska lövträslag, däribland björk, kan ha avsevärt bättre egenskaper vad gäller styvhet och hållfasthet, jämfört med våra vanliga barrträslag.

Forskning pekar även på att det finns potential i att skapa ett högre förädlingsvärde och att det skulle gå att öka värdeskapandet för lövträ genom att utveckla leverantörskedjan och kopplingen till slutkunden. Nyckeln till att åstadkomma en mer lönsam affärsutveckling är att utveckla produkter för andra användningsområden än de traditionella och att kunna erbjuda efterfrågade produkter med högre värde (Warensjö 1997).

För att bygga ut den svenska lövträindustrin och öka förädlingsvärdet på inhemsk råvara måste det kunna påvisas hur stor dessa potentiella uttag är i olika regioner och vilka kvaliteter de har, samt bygga upp en effektiv hantering. Genom att i forsknings- och utvecklingsprojekt visa på björkens möjligheter inom byggsektorn skulle efterfrågan på denna typ av produkter kunna öka och skapa en bas för industrin att satsa på och därmed signalera efterfrågan på sortiment som kan innebära ökad betalningsförmåga och därmed ökade intäkter för skogsägarna.

Syfte

Projektets syfte var att skapa ny kunskap om förutsättningarna för svenskt lövträ som råvara för byggprodukter och därigenom bidra till en ökad användning av högförädlade byggprodukter av lövträ. Mer specifikt handlar det om ny kunskap om potentiell råvarutillgång och kvalitetsaspekter i befintliga bestånd samt framtida önskvärda egenskaper, effektiv hantering, byggprodukters utformning och egenskaper samt förutsättningar för en utvecklad lövträindustri i Sverige.

Projektets kortsiktiga mål var att belysa dagens utmaningar och framtida möjligheter för en ökad användning av björk i vidareförädlade byggprodukter. På längre sikt är målsättningen att projektet kan bidra till en ökad mängd och högre kvalitet på svenskt lövträ.

Projektet har genomförts i nära samverkan mellan Skogforsk och LTH (Lunds tekniska högskola), med stöd av Aalto-universitetet, samt med kontinuerliga avstämningar med en intern referensgrupp på Södra.

Kan björken få en roll inom svensk trä- och byggindustri?

Syftet med detta delprojekt var att undersöka attityder och tankar kring lövträ som konstruktionsmaterial samt förutsättningar för att utveckla björken som råvara.

Information har samlats in genom intervjuer med representanter för olika delar av den skogsindustriella förädlingskedjan och byggsidan, liksom personer aktiva inom några av de aktuella satsningarna kring lövträ. Även deltagande i olika seminarier med lövträtema och artiklar i branschtidskrifter har bidragit till att bygga upp bilden av hur man ser på lövträ i olika delar av skogs-, trä- och byggindustrin.

Nedan följer en kortfattad sammanställning av resultaten. En fullständig redovisning ges i en kommande arbetsrapport från Skogforsk (preliminär titel: Ökat förädlingsvärde för svenskt lövträ – från skog till byggprodukter. Förutsättningar – råvara, industri och marknad, rapport nr 1205-2024).

Nuläge, trender och pågående satsningar

Respondenter: Företrädare för lövträsågverk och -industri, myndigheter och branschorganisation

De svenska lövsågverken med industriell produktion är få och, jämfört med barrsågverken, små. Lövsågverken vittnar om att de stora sortimenten styr verksamheten i skogen och att de många gånger har det kämpigt att fylla sitt råvarubehov. Under senare år har även prisbilden när det gäller de större sortimenten massaved och energisortiment skenat, speciellt efter att importen av björk från Ryssland försvunnit, och råvaruförsörjningen har därmed försvårats ytterligare.

Idag finns det mycket som tyder på att råvarubasen i skogen är på väg att förändras och att andelen lövträd, framför allt björk, på sikt kommer att öka kraftigt. Klimatförändringarna har satt ljuset på sårbarheten i att ha ett alltför ensidigt skogsbruk och många skogsägare är intresserade av att hitta komplement till det traditionella barrskogsbrukandet. En bredare palett av träslag kan också bidra positivt till biologisk mångfald och skogens rekreativvärde.

Det ökande intresset för såväl odling som användning av lövträd och -trä har enligt flera av respondenterna en grund i en ökad medvetenhet om behovet av resurshushållning i kombination med ett större intresse för och behov av ökad variation i skogen – klimatfaktorer och biologisk mångfald. Speciellt de omfattande granbarkborreangreppen under 2018 har varit en väckarklocka och Skogsstyrelsen, som anordnar träffar och webinarier kring lövskogsbruk, har märkt att intresset är stort. Markägarnas intresse medför också att behovet av rådgivning kring lövskogsskötsel ökar och att även de virkesköpande organisationernas tjänstemän behöver utveckla sin kompetens på detta område.

I andra änden av värdekedjan, bland arkitekter och konstruktörer, talas det alltmer om ”rätt material på rätt plats”, att kunna kombinera trä med andra material, liksom att ta vara på de olika träslagens materialegenskaper och nyttja på ett smart sätt i en byggnad.

I början på 2020-talet uppmärksammade Svenskt Trä att möbelindustrin i Sverige importerar en stor andel av sin träråvara och att de svenska lövsågverken inte är allmänt kända i branschen. En serie workshops där olika aktörer i värdekedjan för möbler deltog, resulterade bland annat i en färdplan med målet att uppnå ökad användning av lokal bioråvara, däribland lövträ inom svensk möbelindustri.

Ytterligare ett resultat av dessa aktiviteter var att Svenskt Trä tog initiativ till en Lövsågverkskommitté, där denna del av sågverksbranschen kan jobba med gemensamma problemområden, exempelvis tillgången på råvara och olika typer av marknadsfrågor. Det finns en förhoppning om att Svenskt Trä genom sitt engagemang ska ge en viss tyngd åt lövträfrågan inom skogsbruket och övrig industri.

I ett samarbete mellan Skogforsk, Smålands skogs- och trästrategier och Svenskt Trä, genomfördes en workshop med fokus på värdekedjan för svenskt lövträ under hösten 2024. Inbjudna representanter för olika delar av lövträkedjan deltog och under workshopen definierades bland annat ett antal viktiga frågeställningar att arbeta med för att stärka processen i lövträkedjan. Arrangörsgruppen fortsätter arbetet och skissar på hur man kan jobba vidare med dessa frågor.

För närvarande pågår också flera satsningar på forskning kring såväl plantförädling och skogsskötsel som materialegenskaper och innovationer med fokus framför allt på björk.

FoU om björk och andra lövträ(d)slag

Respondenter: Forskare

Efterfrågan på björkplantor har de senaste åren ökat kraftigt och efterfrågan överstiger tillgången. Idag utgör björken endast en halv procent av det totala antalet plantor som produceras i svenska plantskolor, men bristen på björkfrö har uppmärksammats och idag investeras i nya fröodlingar i Sverige. En av respondenterna betonar att en viktig lärdom inför framtiden är att man behöver ha beredskap för en efterfrågan på flera olika träslag än idag.

De tyngsta kriterierna vid förädling är diameter- och höjdtillväxt, men även stammens rakhet och grenighet är viktiga faktorer vid urval av förädlingsmaterial. Man har även börjat uppmärksamma olika typer av skadegörare som angriper björken i olika åldersstadier. Utvärderingar visar på stora tillväxtpotentialer, men en av experterna betonar att det för att få full utväxling av materialet krävs att man anpassar markval, markberedning och olika skötselselåtgärder till björkens behov under *hela* omloppstiden.

Genom att använda förädlad björk skulle man, förutom ökad tillväxt, även uppnå träd med raka och kvistfria stammar, som kan passa till såväl sågning som svarvning för olika typer av faner- och plywoodprodukter.

Förädlad björkmaterial tas fram både för norra och södra Sverige. Det sydsvenska materialet kan användas upp till Mälardalen och för norra Sverige finns frömaterial för plantor som kan planteras upp till Umeå. Ännu saknas svenskt material anpassat för Norrlands inland och Norrbotten, men det förs diskussioner om att utöka förädlingen och utveckla material även för dessa delar av landet.

Hittills har fokus inom förädlingen legat på vårtbjörk och man har haft en föreställning om att denna har bättre tillväxt än glasbjörk, framför allt på frisk mark i södra Sverige. Man har dock inte gjort några jämförelser mellan de båda björkarterna på andra typer av mark, och en av respondenterna menar att det skulle vara intressant att anlägga försök även på marker där glasbjörken förväntas trivas bättre.

Även i skogsnäringen ökar intresset för lövträd, något som bland annat visar sig genom att stora delar av den svenska näringen, liksom naturvårdsorganisationer och myndigheter, anslutit sig som intressenter till ”Trees for me”, som är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram med fokus på snabbväxande lövträd. Satsningen är tänkt att fungera som ett kunskapsnav för vetenskapliga och tekniska lösningar för biomassa och bioenergi från snabbväxande lövträd, samtidigt som relaterade samhälls- och miljöfrågor beaktas (Anon 2024). Den nuvarande fasen, som startade 2022 har fokus på råvara och energiomvandling. Tanken är att en senare fas av programmet kommer att handla mer om produkter.

Björken som konstruktionsmaterial – en standard i sikte?

I dagsläget har byggbranschen bara två träslag, gran och tall, att tillgå. Björken finns inte med som alternativ i de standarder som utgör regelverk för vilka material som får användas i bärande konstruktioner. Under senare år har de mekaniska egenskaperna hos svensk och norsk björk utvärderats i ett flertal projekt, bland annat vid Lunds Tekniska Högskola och på RISE.

Man har alltså kommit en bit på väg när det gäller att kartlägga ett antal av de egenskaper som har betydelse för ett trämaterial som ska kunna användas i bärande konstruktioner. Delar av resultatet från studierna vid RISE utgör underlag för att björk från Sverige och Norge ska kunna inkluderas i Europastandard EN-1912: Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke – Inordnande av visuella sorteringsklasser i hållfasthetsklasser (Anon 2024b). Utifrån resultaten bedömer forskarna att det inom en inte alltför avlägsen tid kan finnas en officiell sorteringsinstruktion för björk.

I Norge har man testat mekaniska egenskaper även hos genetiskt förädlad björk för att jämföra med egenskaperna hos virke från naturligt föryngrad björk. Det finns intresse att göra detta även på svenskt material som förädlats med avseende på såväl tillväxthastighet som kvistvinklar och stamraket. Just nu pågår ett samtal mellan Skogforsk, RISE och LTH kring möjligheterna att göra liknande tester även i Sverige.

Björkens roll som råvara i den trämekaniska industrin

Respondenter: Forskare, arkitekter, konstruktörer och producenter av KL-trä och/eller limträ

Trä i byggnade – möjligheter och utmaningar

Det har skett en utveckling när det gäller träbyggnade, från att avvägningen när man valde material för stommen främst landade i ekonomiska aspekter, till idag då en av de absolut viktigaste anledningarna till att välja trä är hållbarhetsaspekter.

En stor kvalitet med lövträ är att det är estetiskt tilltalande, men det finns även hållfasthetmässigt positiva egenskaper hos exempelvis björk. Olika träslag ger olika uttryck och många arkitekter ser björken som ett naturligt alternativ om man pratar nordisk design, men även bok och asp är jämna och fina material som fungerar i detta sammanhang, medan barrträ ofta anses ge ett mer rustikt intryck och ibland relateras till en sportstuga.

En fördel med lövträmaterial, som nämns av flera av respondenterna, är möjligheten att ta fram produkter som är mer materialeffektiva, genom att det troligen krävs mindre material för att uppnå samma hållfasthet som dagens produkter av gran/barr. Några av respondenterna tror att möjligheten att kombinera björk och gran skulle kunna vara positivt ur ett konstruktivt perspektiv, att man kan nyttja träslagen på bästa sätt i en

stomme. Det bör vara möjligt att använda björk som en del eller helhet i ett KL-trä-element och på så sätt kunna få ner mängden trä som ingår i en konstruktion.

Flera tror att det skulle finnas en efterfrågan på produkter, exempelvis KL-trä med ett yttre skikt av björk, enbart med estetisk funktion eller kombinerat med ett konstruktivt värde, men att det troligen skulle bli dyrare att producera KL-trä och limträ av björk jämfört med en ren granprodukt. En högre råvarukostnad skulle eventuellt kunna kompenseras genom att man kan få samma hållfasthetsegenskaper även om man använder mindre virke i en balk och därmed kan få smäckrare konstruktioner. Bok eller andra träslag med hög hållfasthet, kan fylla en funktion i samband med att man har stora krafter som ska överföras, till exempel i förband.

Produktion av KL-trä och limträ

Respondenter: Forskare, arkitekter, konstruktörer och producenter av KL-trä och/eller limträ

KL-branschen har vuxit fram relativt snabbt i Sverige och idag finns flera aktörer. En av drivkrafterna för att investera i KL-träindustrier har varit att öka värdet på den egna råvaran, som huvudsakligen består av gran och furu och dagens flöden och processer är därför uppbyggda utifrån dessa träslag.

KL-företagen skiljer sig åt bland annat genom sina affärsmodeller – alltifrån att erbjuda helhetspaket som inkluderar hela processen från produkt till montage, till att enbart fungera som materialleverantör – och de intar därmed olika positioner på marknaden.

Finns björken med i industrins tänk eller är det en icke-fråga?

Ett par av respondenterna uppfattar att de svenska KL-trätillverkarna än så länge har fokus på att trimma in sin process och att få nuvarande och presumtiva kunder att känna trygghet i hur man bygger med KL-trä. Det är inte förrän man kommit en bit uppför den trappan som man har möjlighet att börja fundera vidare och tänka på lövträ som ett alternativ.

Vid flera av producentföretagen diskuteras idag framför allt möjligheten att använda även furu i KL-trä. Detta är en av anledningarna till att steget att gå från gran till björk för närvarande känns ganska långt. Även för limträ använder man idag i princip bara gran i produktionen, men åtminstone vid ett av företagen håller man på att testa furu och tänker sig kunna limma och tryckimpregnera furubalkar för utomhusbruk.

Även om flera nämner att de inte har någon beredskap på plats för att ta in ytterligare träslag innebär det inte att man är ointresserad, men man bedömer att så länge man har en god försörjning av barrträdslagen, kommer intresset för björk inte att öka markant. Flera av producenterna påpekar också att dagens produktion av sågat virke av björk är alltför liten, och det är ingen av de producenter som har egna sågverk som idag säger sig vara beredda att ställa om till lövträ i någon av sina anläggningar.

Idag finns en stor efterfrågan på björk från både massaindustri och energiproducenter. Ett par av respondenterna uttrycker att man om man vill kunna konkurrera om björkråvaran behöver skapa produkter som ger en ännu större värdeökning och exemplifierar med Finlands produktion av björkplywood som säljs på en global marknad.

Även om man enligt flera av producenterna alltså behöver ta några kliv till, menar en av intervjupersonerna att man redan om 4–5 år skulle kunna vara mogen för att på allvar tänka på att ta in ett nytt material. En förutsättning för att satsa är att man tänkt igenom

olika alternativ för vad det är man vill ha ut och var marknaden för olika delar som man plockar ut ur exempelvis en björkstock finns.

Detta måste finnas på plats innan man börjar tänka på sönderdelning och inte gör som man brukar göra – ha sönder den först och så kommer man på resten sen. Man måste vara noga med att se, okej – om vi ska kunna såga den här råvaran, hur får vi ut bästa tänkbara, möjliga produkter – vad kan de användas till?

(Producent)

En annan av intervjupersonerna tror att branschen först om tio år kan vara mogen att på allvar börja fundera på en breddad råvarubas.

Det som skulle kunna driva utvecklingen mot björk som ett komplement tror jag handlar om björkens utseende, av estetiska skäl eller kanske skulle gå att producera utan att kostnaden blir alltför hög.

(Producent)

Att lyfta in ytterligare ett träslag i produktionen

Den stora flaskhalsen för att få in björk i KL-trä ligger, enligt respondenterna, på produktionssidan. Det anses relativt enkelt att inkludera furu i produktionslinjen eftersom gran och furu kan hanteras likvärdigt i produktionen och man redan är van att jobba med dessa material. En svårighet som lyfts upp är att dagens anläggningar för KL-träproduktion är uppbyggda för stora flöden och att de inte kan hantera små batcher av andra material utan att detta i så fall riskerar att bli väldigt dyrt.

När man börjar rita en fabrik väljer man vilken marknad man vill in på och då låser man möjligheterna för flexibilitet när det gäller typ av produkter och produktionsätt. Om man skulle inkludera olika nischprodukter i denna typ av anläggning finns en risk att dessa skulle bli väldigt dyra.

(Expert träbyggande)

En av intervjupersonerna tror att man för att kombinera två träslag i samma KL-träskiva, skulle behöva plocka ut skivorna ur flödet för att komplettera med ett annat material.

Två av respondenterna tror dock att björken skulle kunna gå i samma linje som nuvarande träslag, men för att detta ska fungera rationellt förutsätts att den sågade varan av björk levereras med rätt dimensioner och fuktkvot. En annan faktor som tas upp är att limmet måste vara anpassat till det nya materialet och att detta är något som man kanske behöver utforska lite mera.

Om bara produkten anlände i ett sånt format som vi önskar, det vill säga med rätt fuktkvot och dimensioner, så tror jag absolut att vi skulle kunna använda det i befintlig linje.

(Producent)

En av respondenterna påpekar att för att satsa på ett nytt träslag som kräver att man söker certifikat och anpassar produktionstekniken, räcker det inte med enstaka projekt. Man behöver skapa en ny produkt som kan marknadsföras till ett segment av köpare som har god betalningsförmåga. Det skulle till exempel kunna handla om en produkt som kan användas i funktioner där det ställs extra höga krav på estetiskt tilltalande och slanka konstruktioner som fortfarande är starka.

Flera av producenterna påtalar att det, i alla fall inledningsvis, skulle handla om utvalda projekt där man vill lyfta fram björken ur ett estetiskt perspektiv och där man kan ta ut ett högre pris.

Viktiga vägval

En av respondenterna talar om att KL-träindustrin just nu befinner sig i ett vägsval och att det finns två tydliga utvecklingsriktningar – att förbruka stora volymer eller att minimera mängden material.

Skogsbranschen mäter resultat i kubikmeter och vill enligt respondenten förbruka och sälja volymer – då ligger det nära till hands att vilja göra skivorna lite tjockare, samtidigt som man kan hålla priset nere, eftersom man kan använda virke av lägre kvalitet. Utifrån ett hållbarhetsperspektiv vill man i stället minimera mängden material och spara på resurser, något som ju är tvärt emot tanken på att producera kubikmetrar.

En annan av producenterna nämner en annan typ av vägval – KL-trä eller LVL som tänkbara alternativ, om man skulle vilja använda björk.

Man kan säga löv, men man kan ju också faktiskt svarva det – så det är bara frågan vilket vägval vi vill göra. Oavsett vilken teknik man skulle välja så krävs kompetensuppbyggnad.

(Producent)

Om man väljer alternativet att svarva stockarna kan man troligen använda flera olika träslag och respondenten menar att det redan idag finns övergrov gran och tall, liksom olika lövträslag, exempelvis bok, som uppnått tillräckliga dimensioner för denna typ av produktionsprocess.

Utblick

Respondenter: forskare, arkitekter, konstruktörer och producenter av KL-trä och/eller limträ

Exempel på lövträ i byggande i andra länder

Flera respondenter tror att björken skulle kunna fungera både i KL-trä och limträprodukter och hänvisar till den utveckling som redan finns i Centraleuropa, där det finns exempel på både bok och björk i denna typ av produkter.

En förklaring som nämns till att denna utveckling varit möjlig är att träslagsfördelningen skiljer sig från den svenska och att det i dessa länder också finns en större flora av mindre sågverk och KL-träanläggningar. Dessa är mer flexibla än stora produktionsanläggningar, anpassade för stora flöden av likartad råvara, som vi har här i Sverige. Flera av respondenterna lyfter upp ett par olika företag i Österrike och ett av dessa tillverkar KL-trä med ytskikt av flera olika träslag.

Ett par av respondenterna menar att även byggbranschen i flera av länderna är mer diversifierad och öppen för att testa nya alternativ och att man har ett annat sätt att tänka, medan byggsektorn i Sverige består av ett litet antal stora byggföretag med tradition av betongbyggande, vilka inte är så förändringsbenägna.

Det finns en stor spännvidd kring hur man valt att organisera sitt byggande. Medan man i Österrike och Schweiz bygger hus som man bygger klockor, med otrolig precision, så är man i USA duktig på industriellt byggande med regler och skivor. I Sverige finns inslag av båda modellerna – industriellt byggande och mer specifika projekt.

(Arkitekt)

Ett exempel på kreativitet som nämns är *Eidgenössische Technische Hochschule* i Zürich, Schweiz där de har ett projekt som kallas *House of natural resources* där man använder olika typer av lövträ i olika funktioner, till exempel ask som förstärkning av ändarna i knutpunkterna på barrträbaserade byggkomponenter som pelare och balkar.

En annan respondent känner till att man i Australien börjat utveckla KL-trä av lövträ som uppvisar bra prestanda vid brand och de goda mekaniska egenskaperna möjliggör att man kan minska skivornas dimensioner.

Även i Nordamerika finns exempel på projekt som byggts med lövträ och att det då handlar om projekt som sticker ut lite grann, typ Ski lodge i Aspen och liknande.

Finland och björken – både likheter och skillnader jämfört med Sverige

Massaindustrin är, liksom i Sverige, den största användaren av björkråvara i Finland. Idag är det större konkurrens mellan massaveds- och energivedssortiment, än mellan massaved och timmer av björk och det är brist på björkråvara även i Finland.

Sågad vara, plywood och specialprodukter

Björksågverken i Finland är, precis som i Sverige, väldigt få och de som finns är små. Idag finns endast tre industriella sågverk, varav det största använder 20–30 000 m³fpb¹ per år. Precis som i Sverige finns många små sågar på landsbygden som producerar för lokal marknad. Den totala förbrukningen av sågstock av björk har minskat, från 300 000 m³fpb per år vid 1960-talets början till dagens 30 000–50 000 m³fpb per år. En viktig anledning till detta är, enligt respondenten, att tillverkning av björkmöbler i Finland har minskat över tid och möbeltillverkare har flyttat sin produktion till lågkostnadsländer.

Den finska plywoodindustrin, idag nio industrier, har under de senaste 10–15 åren varit stabil och förbrukningen av björkråvara har legat runt 1 miljon m³fpb, med enstaka toppar upp mot 2 miljoner. Man tillverkar både träslagsrena produkter och blandprodukter där björken normalt används i det yttre lagret och den billigare granråvaran i den inre kärnan. Några av industrierna producerar faneren i Finland, medan plywooden tillverkas i Baltikum.

De finns tre stora produktgrupper för björkplywood: väggar och golv i bussar, containers och lastbilar, byggsivor med olika hållfasthet för olika ändamål i byggprocessen samt isoleringssivor för LNG-fartyg (transport av flytande naturgas).

Björk används också som råvara vid tillverkning av olika typer av specialprodukter, exempelvis ligninlim, och andra ligninprodukter liksom produkter till kosmetika, livsmedel och färgindustri, bland annat betulin, som kan utvinnas ur både björk och andra träslag.

Råvarubas

Lövträden utgör totalt 18 procent av den stående volymen i Finland, ca 15 procent består av björk. Den bästa björken anses växa i östra och mellersta Finland, men på grund av bristen på björkstockar har flera köpare utökat sitt inköpsområde lite längre norrut i landet. Detta är möjligt eftersom man kör alltmer timmer på järnväg och att terminalnätet för att kunna lasta virke på tåg är utbyggt längs järnvägarna.

Sedan björkimporten från Ryssland stoppades har industrierna i första hand försökt att intensifiera virkesanskaffningen från Finland, men också öka importen från Baltikum, Polen, Tyskland och Sverige. Under 1960-talet började man plantera genförädlad vårtbjörk och dessa skogar har nu delvis kommit upp i avverkningsbara dimensioner för sågverk och plywoodindustri, vilket lindrar bristen på björkstock något.

¹ m³fpb = kubikmeter (fastvolym) på bark

Framtidsutsikter för björk i Finland

Flaskhalsen idag är tillgång på råvara och intervjupersonen tror att de företag som förädlar lövträ kan komma att öka sin björkproduktion om råvaran skulle finnas tillgänglig. Fokus bör enligt respondenten ligga på produkter som kan ge bästa möjliga vinst av det material som man bearbetar.

Även om man idag inte använder björk i KL-trä i Finland, så tror en av respondenterna att tröskeln att introducera björken i denna typ av produkter, skulle vara lägre än i Sverige. I Finland har man vana att såga och bearbeta björk och deras KL-träfabriker är mindre och därmed enligt respondenten mer flexibla.

En av respondenterna påtalar att tekniken för mekanisk träförädling i Sverige och Finland är välutvecklad och att digitalisering och IT har anammats av björkindustrin – precis som i andra skogsindustrier – och att man kan dra nytta av dessa ”stödiindustriers” närvaro.

Respondenten tror att man i både Finland och Sverige, av olika anledningar, kommer att tvingas att satsa på blandskogsbruk och att det i Finland i första hand handlar om inblandning av björk. Förutsatt att vi tar hand om skogarna så att tillgången förblir stabil eller till och med ökar i framtiden, bedömer respondenten att framtiden för björk ser ljus ut i Finland.

Björken – kanske en framtida resurs för svensk trä- och byggindustri

Respondenter: arkitekter, konstruktörer och producenter av KL-trä och limträ

Hönan eller ägget – vad kommer först?

Det tycks finnas en öppenhet för flera träslag hos respondenter i olika delar av värdekedjan.

Utgångspunkten för *när* en eventuell satsning på lövträ kan bli aktuell, varierar dock mellan producenterna. Samtliga lyfter upp att en grund är att det finns tillgång till lämplig råvara, antingen i form av rundvirke eller sågad vara. Flera menar att både odlande och produktion av massiva lövträvaror behöver komma i gång parallellt i större omfattning än idag.

Idag sågar vi inte löv överhuvudtaget, men det är ju ingenting som är uteslutet att en sån satsning ska komma i nästa steg under förutsättning att råvaran finns.

(Producent)

Tidsperspektivet för när det skulle vara aktuellt att börja planera för att lyfta in björken i KL-trä eller limträproduktionen varierar dock mellan de olika producenterna – alltifrån 5 till 30 år.

En av respondenterna säger att det utifrån företagets perspektiv, är ägarnas agenda som styr vilken typ av råvara man ska såga och förädla till exempelvis limträ eller KL-trä. I dagens riktlinjer är det gran och furu som är råvaran och då är det dessa träslag man hanterar i produktionen.

För ett par av producenterna handlar det i första hand om produktionsfaktorer – att man fortfarande håller på att trimma in sina nuvarande linjer för gran eller att anpassa flödet för ytterligare ett träslag i form av furu.

För det mesta är det ju så, det här med hönan och ägget – volym i skogen kontra utveckla produktion, att får man en bra avsättning och bra snurr på affären på lövträ, då kommer det att finnas en målsättning med odlandet också.

(Producent)

Producenterna är överens om att om man tänker sig att använda björkprodukter för byggnadsändamål så krävs att det finns ett kontinuerligt flöde av sågad vara av jämn kvalitet som inte får vara alltför dyr för byggbranschen.

Betydelsen av att någon går först

En av arkitekterna som intervjuats menar att det behövs exempel och att någon av producenterna av KL-trä vågar testa att inkludera björk – då kommer flera att följa efter.

Om exempelvis Södra börjar använda björk så följer de andra KL-trätillverkarna efter och likadant, om Stora Enso får fram en fin björkprodukt så har även Södra det ett halvår senare.

(Arkitekt)

En av respondenterna säger att en förutsättning när man ska ta fram något nytt och öka chanserna för att det ska börja användas är att man har hela kedjan med sig. Det krävs att det finns en modig producent som kan fånga intresset hos en beställare. Ett sätt att väcka intresse för nya material i byggsystem är att tillverka prototyper, till exempel i en anläggning i mindre skala, där man kan limma element för att testa och demonstrera vad som är möjligt.

En viktig faktor är referensobjekt som kan visa på möjligheter. Det behövs både ”wow-objekt” som leder till uppmärksamhet och projekt av lite mer vardaglig karaktär. De spektakulära projekten kan vara extremt avancerade och dyra, som exempel nämns Sara Kulturhus i Skellefteå. Denna typ av projekt behöver kompletteras med goda exempel som är möjliga för en kommun eller mindre fastighetsägare att genomföra med mer begränsad budget.

Om man vill att björken ska slå i större skala inom byggande så måste man kunna visa hus av karaktären bruksarkitektur med fina lägenheter, som man kan använda i en stor bredd av hustyper.

(Arkitekt)

En palett av material som väcker nyfikenhet och skapar möjligheter

Hos flera av producenterna finns en nyfikenhet kring nya träslag och någon tror att det kan finnas en hel palett av träslag som kan vara intressanta att utveckla ur olika perspektiv, inte bara för att dryga ut dagens råvaruvolymer, utan också genom att skapa produkter för olika segment – där det är viktigt att det är billigt, snyggt eller väldigt starkt – och lyfta fram vilka värden som olika träslag skulle kunna tillföra. Flera av respondenterna påtalar att det, i alla fall inledningsvis, skulle handla om utvalda projekt där man vill lyfta fram björken ur ett estetiskt perspektiv och där man kan ta ut ett högre pris.

För att ta vara på och utveckla detta intresse krävs alltså en aktör som är beredd att agera långsiktigt, och en av nycklarna för att värdekedjan för lövträ ska kunna växa och utvecklas långsiktigt är kontinuitet och uthållighet hos alla aktörer – från råvaruleverantörerna i skogen till industriella aktörer som är villiga att bygga upp en stabil verksamhet.

Potentiella uttag -

volymer, dimensioner, kvaliteter och råvaruegenskaper

Syftet med detta delprojekt var att undersöka potentiella volymer av sågbara dimensioner av björk, i dag och för ett antal olika framtidsscenarier.

För att utveckla svensk lövträindustri och öka förädlingsvärdet på inhemsk råvara måste vi kunna visa på hur stora de potentiella uttagen av lövtimmerdimensioner är i olika regioner. Vi behöver även kunskap om råvarukvaliteter, samt bygga upp en effektiv hantering i syfte att på sikt öka användningen av och kvaliteten på svenskt lövträ.

Idag apteras lövträd av timmerdimension främst till massa- eller bränsleved. För att utveckla den svenska lövträindustrin och öka förädlingsvärdet på inhemsk råvara, behöver vi förstå hur stora dessa potentiella uttag är i olika regioner och vilka kvaliteter de har.

Nedan följer en kortfattad sammanställning av resultaten. En fullständig redovisning ges i en kommande arbetsrapport från Skogforsk (preliminär titel: Potential för ökad användning av lövträ – volymer, kvaliteter och effektiv logistik. Arbetsrapport nr 1208-2024).

Beskrivning av potentiellt uttag

I syfte att undersöka potentiella sågbara volymer av björk samlades skördardata och transportdata från drygt 3 300 avverkningar in för analys. Avverkningarna var utförda som gallringar och slutavverkningar av Södra.

Skördardata

Med stöd i skördardata har dagens uttag med avseende på volymer och dimensioner i ett antal geografier studerats. Det geografiska läget användes för att dela in materialet i olika geografier, så som län och Södras verksamhetsområden. Volymer summerades över olika geografier.

Toppdiametern på stockarna klassindelades för att matcha en potentiell användning. Klassgränserna som användes var 140, 160, 180 samt 500 mm. Idag kan björk med en toppdiameter på stockarna som överstiger 180 mm sågas eller svarvas om de uppfyller andra kvalitetskrav. Om björkstockarna är tillräckligt raka kan även stockar med en toppdiameter på 160 mm, eller till och med 140 mm, användas för att öka andelen björksågtimmer.

Transportdata

Som komplement till insamlade skördardata samlades data över redovisade transporter in (härefter benämnt som transportdata). Dessa transportdata har en nästan fullständig täckning (Davidsson m.fl. 2024) och kan därför användas för att beskriva virkestillgången över geografin på ett mer heltäckande sätt än skördardata. Endast volymer registrerade som björk inkluderades. För att representera spridningen i landskapet användes data för fem år (2018–2022), så att småskaliga geografiska variationer ska balanseras.

SKA22 samt Riksskogstaxeringens data

För att enbart analysera björkvolymer i huggningsklasserna C och D (det vill säga gallrings- och slutavverkningsskog) gjordes en beställd skattning av Riksskogstaxeringen. Skattningen visar i vilken typ av skogar som björkvolymer finns, det vill säga om de finns inblandade i barrskog eller i återfinns i rena lövbestånd för olika geografier. Analysen omfattar provytor på produktiv skogsmark utanför formellt skyddade områden i Götaland.

Bland annat finns data om björkens, övriga lövträds och barrträds totala volym i Götaland över de kommande 100 åren, med data för var femte år. Dessa data användes för att visualisera hur utvecklingen framöver förväntas falla ut givet olika skötselscenarion, med fokus på virkesförråd på mark som används för virkesproduktion.

Resultat

Den största volymen björk finns i de klenare dimensionerna. Höga volymandelar björk är vanligare i gallring än i slutavverkning. Om man i stället tittar på uttagen volym i gallring och slutavverkning, beräknat per hektar, ser bilden något annorlunda ut. Fördelningarna av uttag per hektar är relativt lika för gallring och slutavverkning, trots att större totala volymer av samtliga trädslag tas ut i slutavverkningar generellt jämfört med gallring. Slutsatsen bör vara att björk tas ut i gallringar för att ge plats åt barrträd, vilka sparas till slutavverkning. Björken är dessutom betydligt grövre i slutavverkningstrakter. Man väljer alltså att ta ut björken tidigare och vid klenare dimension, vilket är ett skogsskötselval som ger effekt på tillgången av grov björk.

Dagens potentialer, uttag och användning

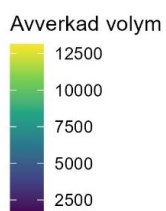
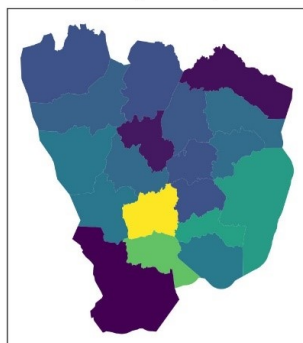
Nästan all björk används till massaved idag. Av den totala volymen på nästan 109 000 m³ i vårt material var över 100 000 m³ apterad som massaved. Näst största sortiment är brännved, medan sågbara sortiment står för en ytterst liten del av den totala volymen. Om man betraktar vad olika dimensioner apterats som framträder bilden av att det endast är de grövre klasserna som sågas idag. Bland övriga diameterklasser apteras inget virke alls som sågbara sortiment. Även om man enbart tittar på de grövsta klasserna är det en mycket liten del av virkesflödet som blir sågbara sortiment.

Den totalt avverkade volymen i olika geografier varierar stort i vårt material. Det material som vi fått att tillgå är inte jämnt spritt över alla geografier. Inte bara volymen björk som avverkats varierar utan även den areal avverkning som inkluderats i materialet.

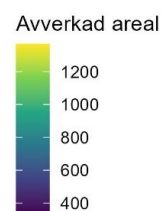
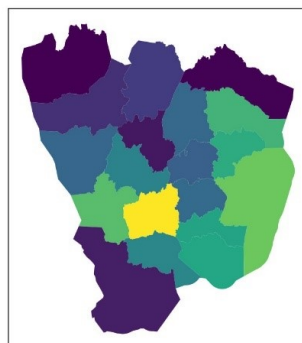
Variationen i avverkad areal torde inte enbart bero på var det finns mest skogsmark.

Kartor över vilka diametrar som är vanligast bland apterade björkstockar visar variation i materialet. Grov björk fanns främst runt Skövde, och klen björk i Skåne. Notera dock att den totala volymen björk från Skåne var liten i jämförelse. Dessutom var avverkningarna i Skaraborg i större utsträckning från slutavverkning.

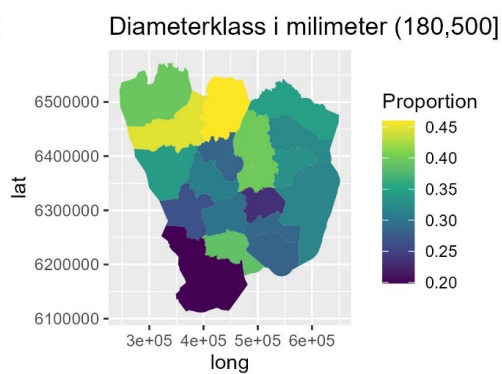
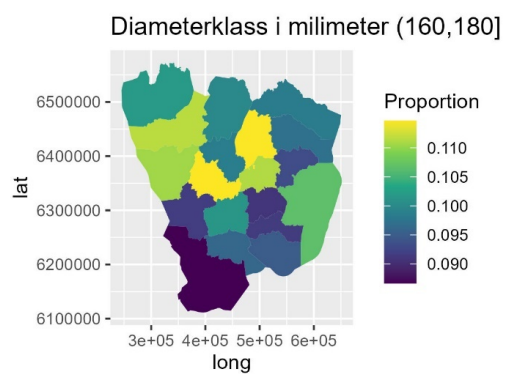
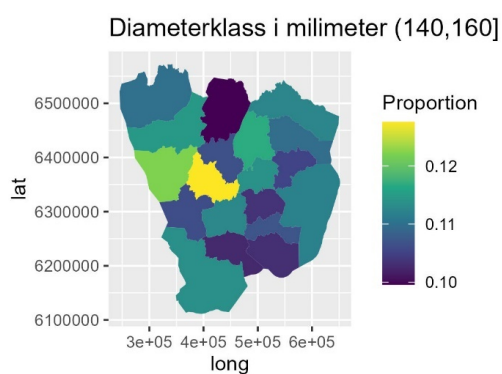
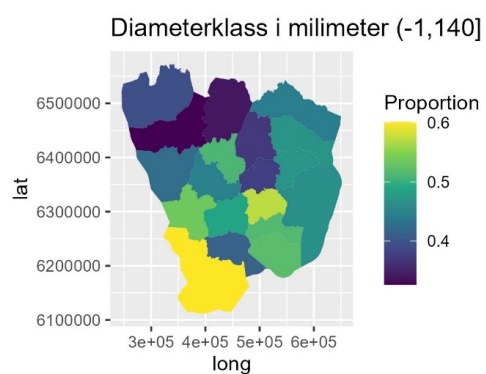
Avverkad björkvoly/ha



Avverkad areal

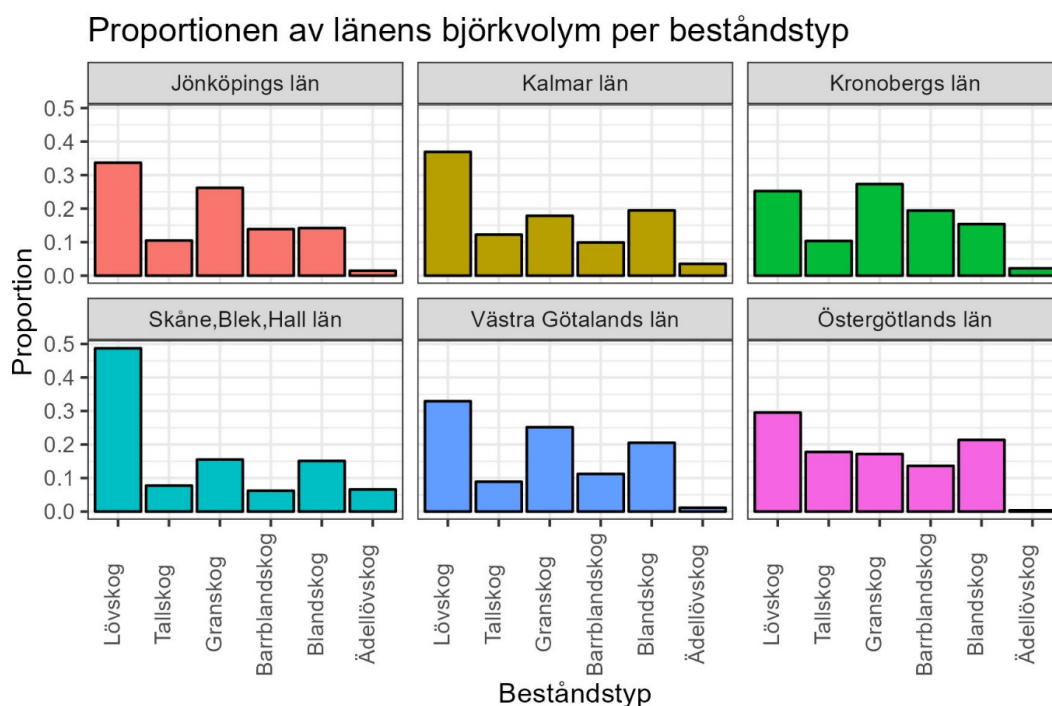


Figur 1. Skördardatamaterialets fördelning över Södras verksamhetsområden. Avverkad volym av björk (m^3 fub) och trakternas areal. Materialet fördelar sig ojämnt över geografierna.



Figur 2. Björkvolymp per diameterklass som andel av den totala volymen björk för respektive verksamhetsområde. Notera olika skalor för varje diameterklass.

Med stöd i Riksskogstaxeringens data har vi tittat på i vilken typ av skog björkvolymer finns. Syftet var att undersöka om det skiljer sig mellan olika delar av Götaland. Enligt muntlig utsago från referensgruppens personer ska björken finnas mer inblandad i barrskogen i västra Götalands län jämfört med Skåne, Blekinge och Halland. Detta verkar stämma. I Skåne, Blekinge och Halland finns större andel av björkvolymer i lövskog och ädellövskog.



Figur 3. Proportion av björkvolymer inom respektive län (Skåne, Halland och Blekinge tillsammans), fördelad på dominerande trädslag, data från Riksskogstaxeringen. För de flesta län finns björkvolymer inom annan skog än lövdominerad.

Framtidsscenario

Resultat från SKA22-utredningen visar tydligt att det totala virkesförrådet av lövträd, främst björk, kommer att öka markant på kortare sikt ($\approx 10-15$ år). Däremot ser volymen barrträd över tid snarare ut att minska. Den ökade potentialen för avverkning ser därför ut att till mycket stor del bestå av just lövträd.

De ökade kraven på att hålla en inblandning av lövträd på minst tio procent genom hela omloppstiden (FSC Sweden 2020) kommer sannolikt även att bidra till att skapa mer löv i skogarna, som kan avverkas i framtiden. För att exemplifiera utvecklingen den närmaste tiden har vi därför valt att titta på scenariot "dagens skogsbruk" under tiden fram till 2040 (Tabell 1).

Tabell 1. Olika trädslagsgruppers virkesförrådsutveckling givet scenariot "dagens skogsbruk". Värden som inte är i procent är i miljoner m³sk. Notera att björk enligt simuleringarna har ett ökande virkesförråd, medan barrträd minskar, både som andel och i absoluta tal.

År	Barrträd	Björk	Övriga lövträd	Total	Barrträd (%)	Björk (%)	Övriga lövträd (%)
2020	585	82	22	689	85	12	3
2030	588	97	21	706	83	14	3
2040	578	109	21	708	82	15	3

Tabellen visar att det trädslag som förväntas öka är björk. Även det totala virkesförrådet kommer att öka, och det är björken som står för ökningen i Götaland. Detta kommer naturligtvis att påverka framtida avverkningsmöjligheter tydligt. Avverkningsutrymmet bör öka, och det är för lövträd och särskilt björk som det ökar.

Bedömning av råvarukvaliteter

Idag finns inga egenskapsmodeller för björk, endast olika former av medelvärden (Lemke m.fl. 2023). Kvalitetskraven är osäkra, inte minst huruvida delar av det framtida sågade virket kan komma att användas i byggkomponenter. Den volym som håller en tillräckligt stor diameter för att sågas enligt skördardata påverkas av apteringsinstruktionen. Om det i en framtid skulle tas ut mer sågbara dimensioner skulle längderna påverkas, och därmed även dimensionerna. Detta eftersom stockens avsmalning uppåt längs stammen gör att längden påverkar toppdiametern. En kortare stock skulle få högre toppdiameter, och i många fall kapas idag långa massavedsstockar (fallandelängd). Dessa skulle kunna kapas kortare om sågbara sortiment prioriteras. En vanlig längd på björktimmer och fanerstockar är i dagsläget tre meter. En av de faktorer som i högst grad påverkar att björkstockar inte klarar kraven för timmerkvalitet är att de är ofta är krokiga (Niemistö m.fl. 2020).

Preliminära resultat gällande björkstockars kvalitet i Götaland visar att cirka 30 procent av alla björkstockar har mellanstora eller stora lång- eller slängkrökar, vilket gör att de klassas som inte sågbara. Av dessa 30 procent stockar har 11 procent mellanstora långkrökar som motsvarar en krokighet om 1,5–2,5 procent per meter. De övriga har krökar som överstiger 2,5 procent per meter. Sågbara björksortiment skulle medföra att en del av den björkvolym som i vårt datamaterial är för klen för att sågas skulle kunna omvandlas till sågbara dimensioner. Hur stor påverkan det skulle få på resultatet är svårt att uttala sig om utan att göra ingående simuleringar av aptering, vilket inte ryms inom den här studien.



Figur 4. Kontrollmätning och bedömning av kvalitet på björkstockar.

Även kvaliteten påverkas av längden. En studie visade att korta längder skulle kunna vara lämpliga för att sågas. Sammantaget kan både kvalitet och möjliga uttagsvolymen påverkas positivt av ändrad aptering.

Varken skördardata eller riksskogstaxeringens data innehåller information om björkens kvalitet. Riksskogstaxeringen bedömer endast kvalitet på tall och gran, inte löv. Dessutom finns det inre egenskaper relaterade till kvalitet på björk, så som rödkärna som påverkar om den kan sågas. Rödkärna har en stor påverkan på om björktimmerstockar kan användas för snickeri eller faner. Dock har rödkärnan ingen påverkan på björkens hållfasthet eller densitet och kan därför användas för tillverkning av byggkomponenter. Byggkomponenter som korslimmat timmer skulle också kunna tolerera ett större antal kvistar och större kviststorlekar, vilket i sin tur skulle kunna öka andelen sågat björktimmer från den tillgängliga volymen idag (Lemke m.fl. 2023).

I ett parallellt projekt tittar vi vidare på kvalitetsegenskaper på björk som avverkas främst i östra delarna av Götaland. Med hjälp av Biometrias revisorer samlas data från provträd in för att bedöma björkens kvalitetsrelaterade egenskaper.

Diskussion

Jämförs resultaten från Riksskogstaxeringen med resultatet från analysen av skördardata, ser det ut som att det finns volymer utanför skyddad mark som Södra av någon anledning inte avverkar. I Skåne finns grov björk enligt Riksskogstaxeringen, men den återfinns inte i skördardata. Det ser ut som att proportionen av volymen som kommer från gallring är det som avgör snarare än geografi.

Kanske finns det andra köpare som man vänder sig till för att sälja sina rena löv- och ädellövsavverkningar. Efter samtal med Södra verkar det som att andra aktörer, så som den danska vedmarknaden, påverkar. Det är därför svårt att uttala sig om hela potentialen för att ta ut björksågtimmer utifrån skördardata, eftersom en annan marknadssituation kan ändra vilka trakter och därmed skördardata som kommer in till Södra. Högre betalningsförmåga för grovt löv, som skulle vara en följd av ökat sågtimmerutbyte för löv, skulle eventuellt kunna öka mängden trakter med grovt löv som man får köpa.

Effektiv hantering av små sortimentsvolym i vidareförädling

Med stöd i resultat från analyser av dagens potentialer, uttag och användning kan vi analysera produktions- och transportkostnad. Genom att lägga till ytterligare sortiment i samtliga hanteringsled kan vi även beräkna hur detta skulle påverka logistikflöden, framtida flöden, kostnader och potentialer för nya industrietableringar. En mer effektiv hantering av flera och mindre sortiment skulle möjliggöra att en större del av de potentiella volymerna av lövträ kommer sågverken till nytta.

Det finns idag ett fåtal sågverk som sågar björk på kommersiell basis, och endast ett i Götaland (Östra Hults Elektriska såg). För att bredda scenariot med ökat råvaruutnyttjande har vi återigen utgått från transportdata och valt ut alla sågverk som tog emot mer än enstaka lastbilslast björkvirke från Götaland. Det har vi gjort baserat på att de som hanterar små mängder björk redan idag borde ha lättare att växla upp produktionen. Det här urvalet resulterade i fyra sågverk, där tidigare nämnda Östra Hult, tillsammans med Vanhälls såg, är de etablerade mottagarna.

Effektiv logistik för hantering av små sortiment

I det insamlade transportdatamaterialet framgår vilka mottagningsplatser som har tagit emot björkvirke. Dessa utgörs i huvudsak av massabruk, och endast till en mindre del av sågverk. Som en del av arbetet har vi placerat ut en potentiell lövkonsumerande industri för att se hur en storskalig konsument av timmer förändrar balansen. Insamlade transportdata har kompletterats med avstånd till alla aktuella mottagningsplatser, för att illustrera den tillgängliga volymen inom specifika avstånd från alla olika mottagningsplatser.

Tabell 2. Potentiella volymer inom de analyserade sågverkens upptagningsområde i olika avståndsklasser. Observera att det finns stora överlapp mellan sågverkens upptagningsområden, särskilt i de större avståndsklasserna.

Sågverk allt 16+					
Avstånd, 45 km klasser	Hökön-sågen	Småland timber	Östra hults sågverk	Vanhälls såg	Totalt
0–45	25 225	21 006	15 938	-	62 170
45–90	56 936	70 375	49 745	-	177 056
90–135	58 075	92 237	98 431	-	248 743
135–180	57 783	88 510	114 656	1 037	261 987
180–200	26 629	37 319	43 383	4 357	111 688
Alla avståndsklasser	224 648	309 447	322 154	5 395	861 644

Transportdata och skördardata har kombinerats och representerar den tillgängliga mängden björk, respektive diameterfördelningen inom ett visst område. På det här sättet illustreras både diameterfördelningen per område och hur volymerna är fördelade över Götaland. Utifrån björktimrets problem med krokighet sattes gränsen för timmer till 16 centimeter i toppdiameter. Även med denna begränsning kvarstår stora potentiella volymer inom korta avstånd från samtliga sågverk i analysen (Tabell 2). Sågverken ligger dock ganska nära varandra, och därför överlappar de tillgängliga volymerna. Detta gör att sågverken ofta inte är ensamma om att ha en viss volym inom en viss avståndsklass.

Att hela volymen över en viss diameter ska gå att såga är inte troligt, en stor del kommer att ha olika kvalitetsfel. Vi har gjort en känslighetsanalys som sänker den möjliga sågbara volymen i tre steg (Tabell 3). Resultaten visar på potential till betydande volymer inom normala transportavstånd.

Tabell 3. Känslighetsanalys för att visa hur stor andel av potentiella volymer i de olika avståndsklasserna som bedöms vara sågbara då en ökande andel faller bort på grund av kvalitetsfel, först att 40 procent faller bort, följt av 70 procent bortfall och slutligen 90 procent bortfall.

Alla sågverk 16+ kvalitetsjustering				
Avstånd, 45 km				
klasser	Total volym	40 %	70 %	90 %
0–45	62 170	37 302	18 651	6 217
45–90	239 226	143 536	71 768	23 923
90–135	487 969	292 781	146 391	48 797
135–180	749 956	449 973	224 987	74 996
180–200	861 643	516 986	258 493	86 164

Resultatet visar att det bör finnas ett tillräckligt utbud av sågbara volymer och därmed potential för en storskalig konsument av björktimmer i Götaland. Det skulle förstås få effekter på virkesbalansen och skapa underskott av lövmassaved. Men i och med att en stor del av volymen ändå skulle gå till massabruken i form av flis kan balansen förbättras. Dessutom kan ett högt värde på grovt björkvirke skapa nya utbud genom förändrad avverkning och minskade volymer till olika former av energived. Genom analys av utbudets spridning över regionen är samlokalisering av en sådan industri med Mörrums bruk en av flera lämpliga platser. Även här finns stora mängder tillgängliga inom korta avstånd (Tabell 4).

Tabell 3. En analys av utbudets spridning över regionen visar att Mörrums bruk skulle kunna vara en möjlig plats för en sågverksetablering.

Mörrum					
Avstånd, 45 km klasser	Total volym	Volym 14–16	Volym 16–18	Volym 18 +	Volym 16 +
0–45	80 088	2 782	2 515	8 213	10 728
45–90	326 406	11 535	10 317	32 861	43 177
90–135	432 818	15 781	13 948	41 292	55 239
135–180	473 544	17 824	16 032	48 363	64 395
180–200	331 138	12 497	11 494	36 259	47 753
Alla avståndsklasser	1 643 994	60 420	54 305	166 988	221 293

Att ta ut betydande mängder björktimmer kommer medföra att åtminstone ett ytterligare sortiment behöver hanteras i avverkningarna och transporten. För transporten behöver inte ett ytterligare sortiment orsaka några omfattande kostnadsökningar, utan kostnaden beror till större del på själva transportavståndet. Genom detta kan ökade volymer av björktimmer som transporteras relativt korta avstånd motverka ökningen av transportkostnaden, men i stället leda till ökade hanteringskostnader. Avseende avverkningskostnaden kommer ett ytterligare sortiment ha en större påverkan. Tidigare resultat, som verkar stå sig i mer moderna jämförelser, visar på en ökning av avverkningskostnaden på ca 4–5 procent.

För att illustrera vilken påverkan en ökad avverkningskostnad skulle ha på den tillgängliga volymen har ytterligare en känslighetsanalys genomförts. Den gjordes genom att avverkningarna med minst uttagsvolym av björk filtrerades bort i två steg (Tabell 5).

Tabell 4. Känslighetsanalys för att illustrera hur tillgängliga volymer påverkas av att avverkningar med små uttag av björkvolymer filtreras bort.

Mörrum + alla sågverk			
Avstånd, 45 km klasser	Ursprunglig volym	Minst 15 m³fub björk	Minst 40 m³fub björk
0–45	28 403	26 269	19 637
45–90	76 450	70 264	52 229
90–135	130 950	121 462	92 732
135–180	145 229	135 322	105 717
180–200	67 147	62 809	49 354
Alla avståndsklasser	448 178	416 126	319 668

En ökad avverkningskostnad är sannolik, till någon nivå. Utifrån denna känslighetsanalys framgår att detta kan komma att minska volymerna till stor del. När det kombineras med den största kvalitetsjusteringen kvarstår en mycket liten del, och om det blir detta utfall finns liten potential för nya industrier. Det är dock mer sannolikt att kvaliteten och utbudet är något högre.

Diskussion

Resultaten visar på en betydande potential för ökade uttag. Enligt skördardata håller 35 procent av den totala björkvolymen dimensionerna 180–500 mm i toppändan, vilket bedöms som sågbart och många gånger mer än den volym som faktiskt togs ut som sågbara sortiment.

En av de faktorer som i högst grad påverkar att björkstockar inte klarar kraven för timmerkvalitet är att de är ofta är krokiga. Preliminära resultat inom ett pågående projekt om björkstockars kvalitet i Götaland visar att cirka 30 procent av alla björkstockar har mellanstora eller stora lång- eller slängkrökar, vilket gör att de klassas som inte sågbara. Sågbara björksortiment skulle medföra att en del av den björkvolym som i vårt datamaterial är för liten för att sågas skulle kunna omvandlas till sågbara dimensioner.

Enligt kunniga på Södra faller många av björkstammarna i sågbara dimensioner bort på grund av att de är för krokiga för att sågas, och därmed återstår mycket osäkerhet kring hur stor potentialen verkligen är.

Det ser även ut som att många trakter med dominans av löv inte hanteras och handlas av Södra, och att Södra genom att utveckla sin lövträdsförädling skulle kunna erbjuda konkurrenskraftiga virkespriser på fler trakter.

Materiallegenskaper för lövträ

Inom projektet har vi undersökt möjligheterna att utveckla lövträprodukter för andra användningsområden än de traditionella, i detta fall produkter för konstruktionsändamål. För att stärka och möjliggöra utbyggnad av den industri som ska hantera råvaran från skogen till färdiga byggnader behöver det klargöras vilka virkesegenskaper som krävs och hur stora de potentiella uttagen av kvaliteter som uppfyller kraven är. Fokus har varit på undersökningar av materiallegenskaper för lövträslag och utveckling av beräkningsmodeller för analys av deras mekaniska beteende vid belastning.

Litteraturstudier

Litteraturstudier avseende mekaniska egenskaper för björk och andra lövträslag har genomförts. Fokus var egenskaper relevanta för byggtillämpningar och därmed har primärt styvhetsenskaper, hållfasthetsenskaper och brottmekaniska egenskaper varit av intresse.

I tabell 6 och 7 återfinns en sammanställning av styvhetsenskaper för björk respektive bok. Dessa sammanställningar avser medelvärden och är hämtade från Jonasson och Karlsson (2022) och Jonasson m.fl. (2024). I tabellerna anges värden för elasticitetsmodul i riktningar parallellt med fiberriktningen (L) samt tangentiellt (T) och radiellt (R) i förhållande till årsringarna. Motsvarande gäller för skjuvmodulerna LT, LR och RT. I tabellerna anges även densitet för de material som har testats.

I tabellerna anges ett lägsta värde ("Low") och ett högsta värde ("High") för respektive parameter. Dessa användes för att undersöka dynamiska egenskaper för KL-träbjälklag inom arbetspaket 5 av projektet, se beskrivning nedan. För jämförelse finns i tabell 8 motsvarande medelvärden för hållfasthetsklass C24 (enligt SS-EN 338), som är den absolut vanligaste hållfasthetsklassen för konstruktionsvirke av svenska barrträslag.

Tabell 5. Sammanställning av styvhetsenskaper E_i (MPa) och G_{ij} (MPa) från provningar av björk med angiven densitet ρ (kg/m³).

Björk	E_L	E_R	E_T	G_{LT}	G_{LR}	G_{RT}	ρ
Källa 1	-	-	-	-	-	180	612
Källa 2	14 500–16 500	1 110	620	-	-	-	510–830
Källa 3	15 250	1 260	640	-	-	-	-
Källa 4	-	-	-	-	-	-	607–675
Källa 5	15 000	-	650	850	850	175	620
Källa 6	13 000–15 000	-	-	-	-	-	580–620
"Low"	13 000	1 110	620	850	850	175	510
"High"	16 500	1 260	650	850	850	180	830

Tabell 6. Sammanställning av styvhetsegenskaper E_i (MPa) och G_{ij} (MPa) från provningar av bok med angiven densitet ρ (kg/m³).

Bok	E_L	E_R	E_T	G_{LT}	G_{LR}	G_{RT}	ρ
Källa 1	-	-	-	-	-	350	720
Källa 2	10 000–18 000	1 310	680	-	-	-	540–910
Källa 3	13 060	-	-	-	-	-	-
Källa 4	10 560	1 510	730	1 240	940	380	-
Källa 5	10 000–16 000	-	460	-	-	-	640–680
”Low”	10 000	1 310	460	1 240	940	350	540
”High”	18 000	1 510	730	1 240	940	380	910

Tabell 7. Styvhetsegenskaper E_i (MPa) och G_{ij} (MPa) samt densitet ρ (kg/m³) för hållfasthetsklass C24 enligt SS-EN 338.

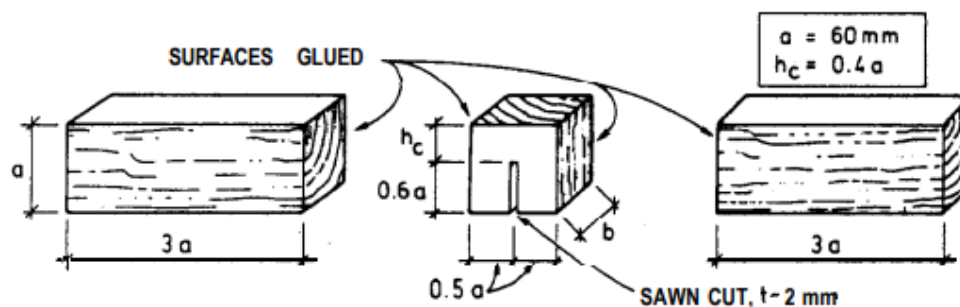
C24	E_L	E_R	E_T	G_{LT}	G_{LR}	G_{RT}	ρ
SS-EN 338	11 000	370	370	690	690	(49)	420

Omfattande provningar av böjhållfasthet och styvhet för björkbalkar har genomförts vid RISE och finns rapporterade i Lemke (2023). Detta arbete omfattade provningar av 600 balkar från fem olika sågverk med geografisk spridning över Sverige. Materialets ursprung avseende arterna vårbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*Betula pubescens*) är okänt. Från provningarna erhöles ett medelvärde av elasticitetsmodulen parallellt fiberriktningen, E_L , på 13 600 MPa. Detta värde är inom det intervall som uppmäts vid tidigare provningar enligt sammanställningen i tabell 6. För böjhållfastheten erhöles ett medelvärde på 60,9 MPa och ett karakteristiskt värde (5 %-percentil) på 386 MPa. Motsvarande karakteristiska värde för böjhållfastheten för hållfasthetsklassen C24 är 24 MPa, alltså betydligt lägre.

Mängden data i forskningslitteraturen avseende brottmekaniska egenskaper för lövträslag som björk är knappa i förhållande till motsvarande data för barrträslag. Studier av brottbeteendet hos så kallade *compact tension*-provkroppar gjorda av björk och gran har presenterats av Tukiainen och Hughes. I denna studie fann man generellt högre värden på brottenergin G_f för björkmaterialet jämfört med gran. För noggrann och tillförlitlig utvärdering av brottenergin från denna typ av provning krävs en stabil respons, avseende samband mellan belastning och förskjutningar över sprickplanet. Detta var inte alltid fallet för de rapporterade testerna och björkmaterialet visade i många fall en instabil respons, vilket gav opålitliga resultat för den utvärderade brottenergin.

Tester för brottenergin vid dragbelastning vinkelrätt fiberriktningen för björk (och tall) har även presenterats av Forsman m.fl. (2021). I den studien fokuserades på effekterna av trämodifiering genom acetylering, och tester utfördes på prover konditionerade i olika klimat avseende relativ fuktighet (RF). En provuppställning enligt Nordtest-metoden (NT BUILD 422) användes för provkroppar som brukar benämnas *Single-Edge Notched Beam* (SENB), se geometri enligt figur 5. Björkmaterialet erhöles från Vanhalls Såg AB. Två modifieringar av provets geometri jämfört med beskrivningen i (NT BUILD 422) infördes: Alla provkroppsstorlekar skalades till $a = 20$ mm och $b = 20$ mm och en

sågsnittslängd på $0.5a$ användes. För björkmaterialet ändrades också formen på sågsnittet för att uppnå en triangulär form av brottområdet med storleken $0.5h_c b$, baserat på ett förslag om provkroppens geometri enligt Lai och Plönning (2019), för att främja stabil respons. Trots den modifierade geometrin kvarstod vissa problem med att erhålla stabil respons. För testserier konditionerade vid 20 °C och RF 75 procent rapporteras i Forsman m.fl (2021) medelvärdena för brottenergi G_f som 460 Nm/m^2 för omodifierad björk och 387 Nm/m^2 omodifierad tall.



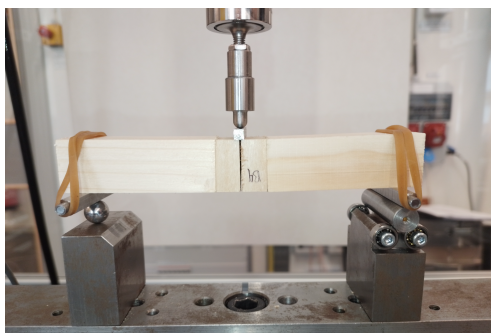
Figur 5. SENB-provkropp för bestämning av brottenergi enligt Nordtest-metoden (NT BUILD 422).

Provningar av brottenergi

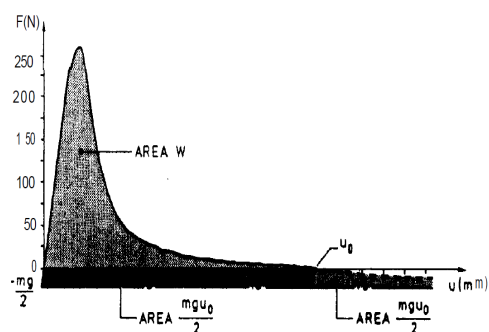
Inom projektet har provningar av brottenergi för björk genomförts under våren 2023 och våren 2024. SENB-provkroppar och belastning enligt Nordtest-metoden användes för alla tester (Figur 5). I likhet med provningarna som beskrivits ovan gjordes en justering av provkroppsgemetrin jämfört med figur 5, då samtliga provkroppsstorlekar skalades till $a = 20\text{ mm}$ och $b = 20\text{ mm}$. Vid denna typ av provning bestäms brottenergin från uppmätta värden på lasten F och förskjutningen u , genom att bestämma arean under grafen $F-u$ (som representerar det mekaniska arbetet W som kraften F har utfört) samt storleken på brottarean.

Två typer av sågsnitt användes för båda dessa provomgångar: en rektangulär snittyta (som ger en rektangulär brottyta) och ett *chevron*-snitt (som ger en triangulär brottyta), se figur 6. Valet att använda *chevron*-snitt gjordes utifrån överväganden om instabil respons som erhållits vid tidigare provningar för björk med rektangulär brottyta. Numeriska simuleringar gjordes också för att undersöka lämpliga geometrier för provkropparna, med målet att få stabil respons.

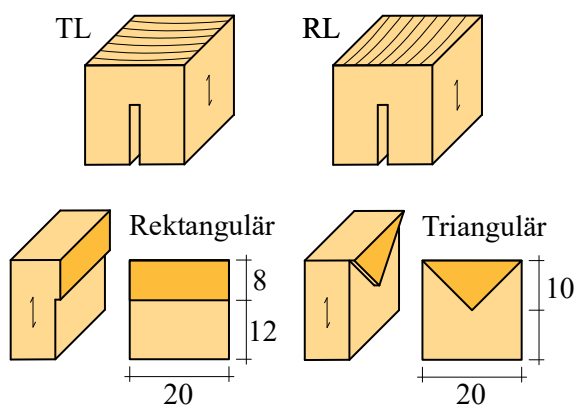
Två material testades under våren 2023, vårbjörk (*Betula pendula*) med ursprung från södra Finland, och som referensmaterial användes gran av hållfasthetsklass C24. Materialet konditionerades vid 20 °C och RF 60 procent före provning. Dessa tester genomfördes med orientering av brottplanet i TL-riktningen enligt figur 5. Totalt användes ca 40 provkroppar av björk och ca 40 provkroppar av gran. Ungefär hälften av provkropparna för respektive material utformades med en rektangulär brottarea och hälften med en triangulär brottarea. Detaljerade beskrivningar och resultat från dessa provningar finns redovisade i (Jonasson m.fl., under review). En sammanställning av resultat avseende densitet ρ och uppmätt brottenergi G_f finns i tabell 9.



Figur 6. Provkropp under belastning.



Figur 7. Schematisk illustration av samband mellan last F och förskjutning u för SENB-provkropp och provning enligt Nordtest-metoden (NT BUILD 422) (höger).



Figur 8. TL- och RL-riktningar för brottplan (vänster) och geometri för rektangulär respektive triangulär brottyta (höger) med mått i mm.

Tabell 8. Sammanställning av uppmätt brottenergi G_f (Nm/m²) och densitet (kg/m³) samt variationskoefficient från provningar av för gran och björk med rektangulär respektive triangulär brottyta och brottplansorientering i TL-riktningen, enligt (Jonasson m.fl., under review).

	Rektangulär brottarea				Triangulär brottarea				Alla			
	G_f		ρ		G_f		ρ		G_f		ρ	
Gran	188	(11 %)	397	(3,3%)	257	(14 %)	392	(1,5 %)	222	(20 %)	395	(2,6 %)
Björk	700	(17 %)	691	(1,9%)	611	(19 %)	630	(7,4 %)	657	(19 %)	661	(6,9 %)

Under våren 2024 genomfördes ytterligare provningar av brottenergi för björk. Vid denna provomgång undersöktes svensk björk som levererades till Avdelningen för byggnadsmekanik vid LTH från RISE. Detta material bestod av restmaterial från provningar avseende böjhållfasthet och styvhet som rapporterats i Lemke m.fl. (2023). Som nämnts ovan är det inte känt om materialet bestod av glasbjörk eller vårtbjörk (eller en blandning av dessa).

Från det erhållna materialet valdes fem plank med ungefärliga dimensioner 48×200×500 mm ut för provningar. Från dessa plank skapades mindre provkroppar som testades enligt Nordtest-metoden, se beskrivning ovan. Materialet konditionerades vid 20°C och RF 60 procent före provning. Medeldensiteten för provkropparna som användes för att bestämma brottenergi var 648 kg/m³. Totalt genomfördes 40 individuella provningar. Hälften av provkropparna hade en brottplansorientering i TL-riktningen och hälften i RL-riktningen (Figur 7). Inom varje av dessa två grupper hade i sin tur hälften av provkropparna en rektangulär brottarea och hälften en triangulär brottarea (Figur 7).

För provkroppar med brottplansorientering i TL-riktningen erhöles stabil respons, med undantag för en provkropp med rektangulär brottarea. För provkroppar med brottplansorientering i RL-riktningen erhöles stabil respons för alla provkroppar med triangulär brottarea men instabil respons för alla provkroppar med rektangulär brottyta. Detaljerade beskrivningar och resultat från dessa provningar finns redovisade i Esbjörnsson och Svensson (2024). En sammanställning av resultat avseende uppmätt brottenergi G_f finns i tabell 10.

Sammanfattningsvis visar resultaten från dessa provningar att värdet för brottenergi vid dragbelastning vinkelrätt mot fiberriktningen är högre för björk än för gran. Ett högt värde på brottenergi har generellt en positiv effekt på bärförmåga för byggnadselement, där den lastbärande förmågan begränsas av dragspänningar tvärs fiberriktningen. Denna brottmod är exempelvis relevant för balkar med hål eller urtag samt för många typer av anslutningar (skruv- och dymlingsförband) mellan byggnadselement.

Tabell 9. Sammanställning av uppmätt brottenergi G_f (Nm/m²) samt variationskoefficient från provningar av svensk björk med rektangulär respektive triangulär brottyta och brottplansorienteringar i TL- respektive RL-riktning, enligt Esbjörnsson och Svensson (2024).

	Rektangulär brottarea		Triangulär brottarea		Alla	
	G_f		G_f		G_f	
Björk: RL, stabil	-	-	467	(9,2 %)	467	(9,2 %)
Björk: RL, instabil	358	(8,5 %)	-	-	358	(8,5 %)
Björk: TL, stabil	407	(7,8 %)	459	(12 %)	435	(12 %)
Björk: TL, instabil	302	-	-	-	302	-

Utveckling av datorbaserade modeller

Inom projektet har arbete genomförts avseende utveckling av datorbaserade beräkningsmodeller för analys av brottförlopp i trä. Brottmekaniska beräkningar för träbaserade material med ortotropa egenskaper och stor variabilitet är utmanande på många vis. För att med numeriska modeller beskriva materialets beteende vid dragbelastning vinkelrätt fiberriktningen, inklusive initiering av uppsprickning och sprickpropagering, krävs avancerade materialmodeller och numeriska lösningsmetoder. Beräkningsmodellerna formuleras med utgångspunkt från brottmekanik och implementeras för analyser med hjälp av Finita elementmetoden (FEM). Koncept med inspiration från maskininlärningsteori används för att kalibrera beräkningsmodellerna mot provningsresultat från aktivitet 4.2.

Beräkningsmodellerna har använts för att undersöka olika alternativ för geometrisk utformning av provkroppar, till exempel för provningar enligt Nordtest-metoden, se Jonasson m.fl., under review. Framöver kommer dessa modeller även att användas för tillämpade beräkningar avseende olika typer av byggnadselement och anslutningar mellan element, där bärformågan i första hand begränsas av uppsprickning orsakat av dragbelastning vinkelrätt fiberriktningen.

Inom projektet har även utveckling av datorbaserade beräkningsmodeller avseende dynamisk belastning och vibrationsegenskaper utvecklats. Dessa modeller har använts för att studera dynamiska egenskaper för bjälklag av korslimmat trä (KL-trä), enligt beskrivningen nedan.

Byggnadselement av lövträ

Projektet har gjort undersökningar avseende bärförmåga, styvhet och vibrationsprestanda för byggnadselement av lövträ. Arbetet har innefattat numeriska undersökningar av vibrationsprestanda för bjälklag av korslimmat massivträ (KL-trä) av lövträ och provningar av dymlingsförband i björkbalkar.

Vibrationsprestanda för KL-träbjälklag av lövträ

Vibrationsprestandan hos KL-träbjälklag av bok och björk har analyserats inom projektet för att undersöka och kvantifiera den potentiella prestandan hos sådana KL-träbjälklag jämfört med motsvarande bjälklag baserade på barrträslag.

Träbaserade byggnadselement kan vara känsliga för vibrationer som orsakas av gånglaster och detta är ofta en kritisk punkt vid utformning av sådana bjälklag. Att använda lövträslag, såsom björk och bok, i KL-träbjälklag kan förbättra vibrationsprestandan eftersom dessa generellt har en högre styvhet och högre densitet jämfört med gran (Persson m.fl. 2021).

KL-trä uppbyggt från lameller av olika träslag, och därmed med olika mekaniska egenskaper, undersöktes med numeriska beräkningsmodeller. Dessa modeller kalibrerades med hjälp av jämförelser mot experimentella tester. Resultat från litteraturstudierna användes som utgångspunkt för de jämförande beräkningarna. För att på ett enkelt sätt beakta spridning i materialegenskaper definierades två uppsättningar materialegenskaper för björk respektive bok. Dessa uppsättningar betecknades "Low" respektive "High" och motsvarar en undre respektive övre gräns för värden enligt tabell 6 och 7. Resultat av numeriska beräkningar för dessa fyra uppsättningar av materialegenskaper jämfördes med motsvarande resultat från beräkningar baserade på materialegenskaper för gran, enligt medelstyvhetsvärden för hållfasthetsklass C24 (Tabell 8).

Nedan ges en kortfattad beskrivning av förutsättningarna för de numeriska beräkningarna och en sammanfattning av de viktigaste resultaten och slutsatserna. Detaljerade beskrivningar återfinns i Jonasson och Karlsson (2022) och Jonasson m.fl. (2024).

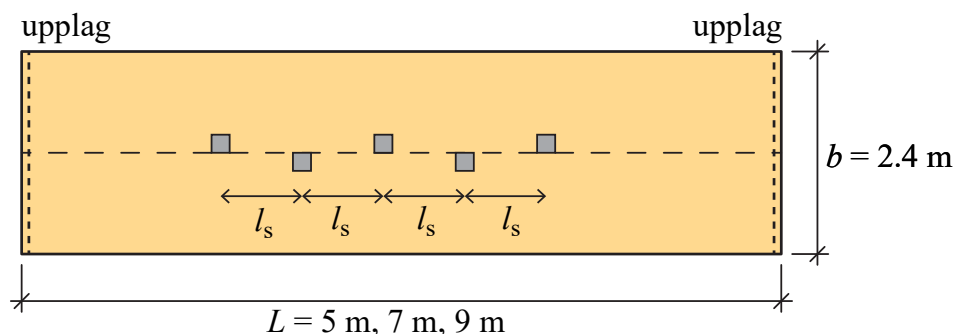
KL-träplattorna modellerades i 3D enligt finita elementmetoden. Modellen kalibrerades med hjälp av resultat från experimentella mätningar av en KL-träplatta i fem skikt. De experimentellt erhållna egenfrekvenserna och motsvarande modformer för de nio lägsta egenfrekvenserna användes i kalibreringsprocessen.

I nästa steg studerades vibrationsresponsen hos KL-träplattor sammansatta av skikt av olika träslag. Tre olika plattstorlekar (och uppbyggnader) undersöktes:

- Small: $L = 5 \text{ m}$, $b = 2,4 \text{ m}$ och $t = 150 \text{ mm}$ (30-30-30-30-30)
- Medium: $L = 7 \text{ m}$, $b = 2,4 \text{ m}$ och $t = 280 \text{ mm}$ (40+40-40-40-40+40)
- Large: $L = 9 \text{ m}$, $b = 2,4 \text{ m}$ och $t = 315 \text{ mm}$ (45+45-45-45-45+45)

KL-träplattorna modellerades som fritt upplagda längs kortsidorna ($b = 2,4 \text{ m}$) och spännvidden var 5 m, 7 m respektive 9 m för de tre plattstorlekarna (Figur 8). Siffrorna som anges för KL-träuppbyggnaden ovan avser tjockleken på de enskilda skikten (i mm), där den mellanstora och den stora plattan hade två skikt av lameller i samma riktning på över- och undersidan.

Plattornas vibrationsprestanda utvärderades med hänsyn till egenfrekvenser, accelerationsrespons vid harmonisk belastning vid frekvenser i intervallet 1–100 Hz och respons vid gånglast. För fallet med gånglast på plattorna beräknades accelerationen från fem på varandra följande steg med steglängden l_s i plattornas längdriktning (Figur 8). Gångfrekvenser från 1,5 till 2,4 Hz beaktades vid analyserna. För jämförelse av responsen för olika värden på materialegenskaper bestämdes RMS-värden (kvadratrotsmedelvärden) för accelerationen för den värsta sekunden inom en tidsperiod av fem sekunder, med hjälp av ett svepande fönster över hela tidsperioden för analyserna.



Figur 9. Plattornas geometri i planet, upplag samt positioner för steg vid gånglastanalyser.

För materialegenskaper motsvarande björk och bok, med hänsyn till både "låga" och "höga" värden (enligt tabell 6 och 7), ökade egenfrekvenserna för de flesta undersökta moder för samtliga tre plattstorlekar – Small /Medium/Large – jämfört med referensfallet för materialegenskaper motsvarande gran av hållfasthetsklass C24 (enligt tabell 8). Grundfrekvensen (den lägsta egenfrekvensen) reducerades dock cirka tio procent för båda uppsättningarna av materialegenskaper för bok och för de höga värdena för björk.

I undersökningen av accelerationsrespons vid harmonisk belastning kunde skillnader ses för båda uppsättningarna av materialegenskaper för björk och bok, både avseende storleken på topparna för acceleration, och när det gäller frekvenserna där dessa uppstår. RMS-värdena för accelerationen för det betraktade frekvensområdet (1–100 Hz) visade sig vara avsevärt lägre för björk och bok jämfört med referensen för hållfasthetsklass C24, med minskningar av RMS-värden till cirka 40 procent av referensvärdet.

Analyserna av gånglast visade att accelerationsresponsen i hög grad påverkas av gångfrekvensen, vilket kan förklaras genom matchning av plattornas grundfrekvens med övertonerna för gånglasten. Sammantaget visade undersökningen att användning av björk och bok i KL-trä kan medföra en betydande reduktion av vibrationer vid gånglast jämfört med referensfallet (gran med hållfasthetsklass C24). Björk gav den mest konsekventa reduktionen av accelerationsresponsen, med minskningar av RMS-värden ner till cirka 30 procent av referensvärdet. För bok uppnåddes en ännu större reduktion av vibrationsresponsen i många fall. Även avsevärd ökning av vibrationsresponsen konstaterades för vissa fall för bok med materialegenskaper enligt uppsättningen "Low".

Sammanfattningsvis antyder analyserna av vibrationsegenskaper för KL-träbjälklag att användning av råmaterial från lövträ som björk och bok kan vara fördelaktigt. Det bör dock påpekas att dessa resultat och slutsatser är baserade på analyser av en "naken" platta och för praktiska byggtillämpningar tillkommer effekter som inte beaktas här, till exempel styvhet och massa för övrig golvuppgbyggnad.

Resultaten som presenterats ovan avser KL-träplattor bestående av endast ett träslag per platta, det vill säga med samma träslag för alla lameller och i alla skikt. Vidare analyser har också genomförts där inverkan av att byta ut enskilda skikt eller enskilda lameller mot lövträ, men att behålla övriga skikt/lameller av gran. Abdallah och Jepson (2024) presenteras analyser av ett stort antal olika konfigurationer, där hela skikt eller enskilda lameller i olika skikt har modellerats med egenskaper motsvarande björk, men med resterande lameller motsvarande gran av hållfasthetsklass C24. De analyser som har genomförts avser accelerationsrespons vid harmonisk belastning för frekvenser mellan 1 och 562 Hz. Resultaten visar att tydliga minskningar av vibrationsresponsen kan uppnås genom att ersätta ett antal enskilda lameller i en KL-träplatta av gran med björklameller. Laster och randvillkor för dessa analyser är valda så att så mycket information som möjligt om det dynamiska beteendet tas fram. Från analyserna fås då en frekvenssvarfunktion som innehåller alla resonansfrekvenser, vilket ger en tydlig indikation om att det finns potential för förbättrade vibrationsegenskaper genom att ersätta specifika lameller av gran med lameller av lövträ.

Konsekvenser för anslutningar och förband

Resultaten från provningar av brottenergi som genomförts inom aktivitet 4.2 antyder en markant högre brottenergi för björk jämfört med gran. Brottenergin är en viktig materialegenskap för bärförmåga av byggnadselement och anslutningar mellan element, för fall där bärförmågan begränsas av uppsprickning på grund av dragspänningar vinkelrätt mot fiberriktningen. Ett exempel på denna tillämpning är dymlingsförband i balkar med belastning vinkelrätt mot fiberriktningen.

För dymlingsförband med belastning vinkelrätt mot fiberriktningen finns dimensioneringsuttryck angivna i de europeiska konstruktionsnormerna för träkonstruktioner, Eurocode 5. Den bakomliggande teorin för dessa uttryck är baserad på linjärelastisk brottmekanik och styrande materialparametrar är brottenergi (G_f) och skjuvmodul (G), med en bärförmåga som är proportionell mot $(G \cdot G_f)^{0.5}$. Användning av beräkningsuttrycket i Eurocode 5 är dock begränsat för tillämpning på balkar av barrträ och ekvationerna som anges använder inte uttryckligen G och G_f som indata.

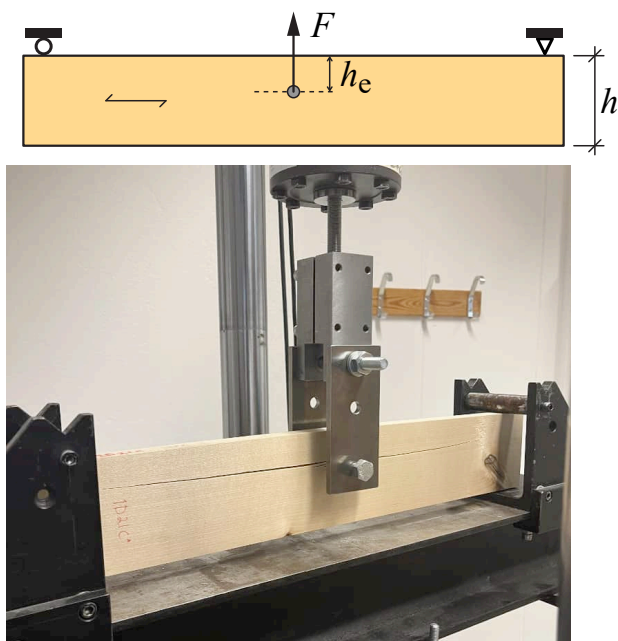
För en balk med orientering och belastning enligt figur 9 kan dock en uppskattning av skillnad i bärförmåga mellan gran och björk göras, baserad på den bakomliggande modellen från linjärelastisk brottmekanik och baserad på värden på skjuvmodul G och brottenergi G_f för respektive material. För en given balkgeometri och antagna värden på materialparametrar enligt $G = 690 \text{ MPa}$ och $G_f = 222 \text{ J/m}^2$ för gran respektive $G = 850 \text{ MPa}$ och $G_f = 450 \text{ J/m}^2$ för björk beräknas ca 60 procent högre bärförmåga för en balk av björk jämfört med gran.

För att möjliggöra ökad användning av lövträ som råmaterial för byggnadselement behövs utveckling av konstruktionsregler. För detta krävs både utveckling av bakomliggande beräkningsmodeller och verifiering genom experimentella provningar.

Under våren 2024 genomfördes provningar av björkbalkar med dymlingsförband och belastning vinkelrätt mot fiberriktningen (Figur 9). Dessa balkar tillverkades av samma plank av svensk björk som användes för provningar av brottenergi och som levererades till Avdelningen för byggnadsmekanik vid LTH från RISE. Provserierna bestod av totalt 13 balkar, och två olika kantavstånd h_e undersöktes: $h_e = 3d$ och $h_e = 4d$, där $d = 10 \text{ mm}$ representerar dymlingens diameter. Resultaten från provningarna stämde väl överens med förväntad relativ bärförmåga avseende inverkan av kantavståndet h_e . I absoluta tal var dock bärförmågan lägre än beräknad bärförmåga enligt linjärelastisk brottmekanik

och den modell som ligger till grund för ekvationerna i Eurocode 5. Detaljerade beskrivningar av material, provningsgenomförande och resultat finns i Esbjörnsson och Svensson (2024).

Även om björkbalkarna från dessa provningar visade lägre bärförmåga än förväntat antyder provningsresultat från brottenergi (aktivitet 4.2) och styvhetsegenskaper enligt tabell 1 att goda förutsättningar finns för att kunna utforma starka och styva anslutningar mellan lövträelement.



Figur 10. Balk med dymlingsförband och belastning vinkelrätt mot fiberriktningen, modell (övre) och provning av björkbalk (nedre).

Referenser

- Abdallah, T., Jepson, E. 2024. Utilization of different wood materials in cross-laminated timber elements – A Study of Different Configurations. Examensarbete, Rapport TVSM-5271, Avd för Byggnadsmekanik, Lunds universitet.
- Anon. 2024a. Forskningsprogram för snabbväxande lövträd (<https://treesforme.se/>).
- Anon. 2024b. Träkonstruktioner – Konstruktionsvirke – Inordnande av visuella sorteringsklasser i hållfasthetsklasser. Svensk Standard SS-EN 1912.
- Davidsson, A., Gustavsson, O. & Parklund, T. 2024. Skogsbrukets vägtransporter 2022. Arbetsrapport 1197-2024. Skogforsk.
- Bylund, N. & Rytter, L. 1997. Inventering av sågbart lövvirke i massavedsleveranser. Arbetsrapport nr 374, Skogforsk.
- Esbjörnsson E. & Svensson J. 2024. Experimental testing of birch wood – Fracture energy and its applicability in dowel-type joints. Examensarbete, Rapport TVSM-5258, Avd för Byggnadsmekanik, Lunds universitet.
- Fahlvik, N., Hannerz, M., Högbom, L., Jacobsson, S., Lizinierwicz, M., Palm, J., Rytter, L., Sonesson, J., Wallgren, M. & Weslien, J-O. 2021. Björkens möjligheter i ett framtida klimatanpassat brukande av skog. Sammanställning av nuläget och förslag på insatser för framtiden. Skogforsk.
- Forsman, K., Fredriksson, M., Serrano, E., Danielsson, H. 2021. Moisture-dependency of the fracture energy of wood: a comparison of unmodified and acetylated Scots pine and birch. *Holzforschung* 2021;75(8):731–741. <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0174>
- FSC Sweden 2020. FSC-standard för skogsbruk i Sverige, FSC Sweden. <https://se.fsc.org/sites/default/files/2021-10/FSC-standard%20fo%CC%88r%20skogsbruk%20i%20Sverige%20FSC-STD-SWE-03-2019.pdf>: 94.
- Jonasson J., Danielsson H. & Serrano E. Experimental evaluation of the fracture behavior of birch in tension perpendicular to the grain with comparative numerical simulations. Under review in *Wood Science and Technology*.
- Jonasson J. & Karlsson O. 2022. Utilisation of hardwood in cross-laminated timber – A numerical study on vibrations in floors. Examensarbete, Rapport TVSM-5258, Avd för Byggnadsmekanik, Lunds universitet, 2022.
- Jonasson J., Persson P. & Danielsson H. 2024 Mitigating footfall-induced vibrations in cross-laminated timber floor-panels by using beech or birch. *Journal of Building Engineering* 2024;86:108751. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108751>
- Karlsson, R., Palm, J., Woxblom, L. & Johansson, J. 2011. Konkurrenskraftig kundanpassad affärsutveckling för lövträd - Metodik för samordnad affärs- och teknikutveckling inom leverantörskedjan för björkämnen. Rapport nr 19, inst. för skogens produkter, SLU.
- Lai G. & Plönning S. 2019. Fracture characteristics of acetylated birch – Experimental and numerical studies. Examensarbete, Rapport TVSM-5234, Avd för Byggnadsmekanik, Lunds universitet, 2019.

- Lemke U., Johansson M., Ziethén R. & Briggert A. 2023. New criteria for visual strength grading of sawn timber from birch grown in Sweden. World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023). 19–22 June 2023, Oslo, Norway.
- Niemistö, P., Vihere-Arnio, A., Vellinga P., Herejervi H. & Verkasalo E. 2020. Bērzu audzēšana un izmantošana (Koivun kasvatus ja käyttö). Jelgava: 241.
- NT BUILD 422. 1993. Wood: Fracture energy in tension perpendicular to the grain. Nordtest Method,.
- Nyberg, K., Biometria, 2021. Personlig kommunikation.
- Persson P., Flodén O., Danielsson H., Peplow A. & Andersen LV. 2021. Improved low-frequency performance of cross-laminated timber floor panels by informed material selection. *Applied Acoustics* 2021;179:108017.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108017>
- Skogforsk 2021. Swedish Wood Supply – Redovisade skogstransporter i Sverige. [Opublicerad databas].
- Skogsdata 2020. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå.
- Warensjö, M. 1997. Såg 95 – Del 1: Sågverkens produktion och virkesbehov. Rapport nr 251, inst. för virkeslära, SLU.
- Woxblom, L. 2024. Ökat förädlingsvärde för svenskt lövträ – från skog till byggprodukter. Förutsättningar – råvara, industri och marknad (prel. titel). Arbetsrapport nr 1205-2024, Skogforsk (publiceras hösten 2024).