



2026-01-31

2026-201367-0001

Slutrapport

Energimyndighetens titel på projektet – svenska
Bioraffinering av bark vid biokemisk konvertering och i
skogsindustriella processer”

Energimyndighetens titel på projektet – engelska
Biorefining of Bark in Biochemical Conversion and in Forest-
Industrial Processes

Organisation
Umeå universitet
Kemiska institutionen
901 87 Umeå

Nyckelord: 5–7 stycken
Biomassa, Bioenergi, Biodrivmedel, Skogsråvara, Bark, Grön
extraktion, Biokemisk konvertering



2026-01-31

2026-201367-0001

Förord

Projektet har varit ett samarbete mellan Umeå universitet (UMU) (Kemiska institutionen, Umeå), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) (Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (SBT) i Umeå) och Sekab Biofuels & Chemicals AB (Örnsköldsvik). Projektet har haft stöd av Billerud AB, genom att Billerud har levererat industriella barkprover till projektet och genom att personal anställd vid Billerud har medverkat i projektmöten och som biträdande handledare av doktorander inom projektet. Projektet har även koppling till pulvriseringsutrustning från KlingMill AB (Eskilstuna) genom den pilotutrustning från KlingMill som är placerad vid Biomassateknologiskt Centrum (BTC) i Umeå (en anläggning som drivs av personal vid SBT).

Medel från projektet har delfinansierat doktorander vid Kemiska institutionen i Umeå, med annan finansiering från Umeå universitet och från den strategiska forskningssatsningen Bio4Energy (www.bio4energy.se), en SFO-miljö med forskare från UMU, SLU, LTU och RISE. En delstudie med inriktning mot bark och ved från barkborreeangripen gran har varit finansierad huvudsakligen av Kempestiftelserna och av Umeå universitets *Företagsforskarskola för samverkan och innovation*.



2026-201367-0001 2026-01-31

Innehåll

1	Inledning/bakgrund	6
2	Genomförande	7
3	Resultat	8
4	Diskussion	10
5	Publikationslista	11
6	Referenser, källor	12
7	Bilagor	13

Sammanfattning

Projektet har varit fokuserat på förädling av skoglig biomassa, speciellt komponenter i bark, till biodrivmedel och andra bio-baserade produkter. Den råvara som har undersökts har kommit från gran, tall och björk. Projektet har varit ett samarbete mellan Umeå universitet, SLU och Sekab. Projektet har även haft stöd av Billerud, som har levererat industriella barkprover till projektet. En ny pulvreringsteknik baserat på utrustning från KlingMill har utvärderats vid Biomassateknologiskt Centrum (BTC) i Umeå med avseende på finfördelning av färsk industriell bark inför extraktion. Grön extraktion baserat på bio-baserade eller potentiellt bio-baserade organiska lösningsmedel har använts för studier av extraktivämnen i bark och effekterna av detta på barkens värmevärde har undersökts. Förutom bark från vanlig gran har även studier av bark och ved från gran angripen av granbarkborre utförts. Biokemisk konvertering av kolhydrater i bark och ved (hemicellulosor och cellulosa) har studerats. Det har även utförts en tekno-ekonomisk studie syftande till att undersöka vilka steg i processerna som främst skulle behöva förbättras inför en eventuell framtida industriell implementering av ett extraktionssteg där barkens extraktivämnen utvinns innan återstoden vidareförädlas. Projektet har bidragit till en doktorsexamen och förväntas bidra till ytterligare två doktorsexamina längre fram. Vid sidan av kompetensutveckling i form av doktorandprojekt har projektet resulterat i publikationer i vetenskapliga tidskrifter, i konferenspresentationer, i en populärvetenskaplig artikel, samt till resultat som kan komma till nytta för framtida industriella vägval inom skogsindustri och inom bioraffinaderiområdet, speciellt avseende biokemisk konvertering av biomassa samt utvinning av produkter baserade på bark och extraktivämnen. Projektet har även gett upphov till spinoff baserat på fynd av mikroorganismer i de barkprover som studerades inom projektet.

Summary

The project has focused on the processing of forest biomass, especially bark components, into biofuels and other bio-based products. The raw material that has been investigated has come from spruce, pine and birch. The project has been a collaboration between Umeå University, SLU and Sekab. The project has also been supported by Billerud, which has supplied industrial bark samples to the project. A new pulverization technique based on equipment from KlingMill has been evaluated at the Biomass Technology Center (BTC) in Umeå with regard to the fine pulverization of fresh industrial bark prior to extraction. Green extraction based on bio-based or potentially bio-based organic solvents has been used for studies of extractives in bark and the effects of this on the calorific value of the bark have been investigated. In addition to bark from common spruce, studies have also been carried out on bark and wood from spruce infested by spruce bark



2026-201367-0001 2026-01-31

beetle. Biochemical conversion of carbohydrates in bark and wood (hemicelluloses and cellulose) has been studied. A techno-economic study has also been carried out to investigate which steps in the processes would primarily need to be improved for a possible future industrial implementation of an extraction step where the bark extractives are extracted before the residue is further processed. The project has contributed to a doctoral degree and is expected to contribute to two more doctoral degrees in the future. In addition to competence development in the form of doctoral projects, the project has resulted in publications in scientific journals, in conference presentations, in a popular science article, and in results that may be useful for future industrial decision making within the forest industry and in the biorefinery area, especially regarding biochemical conversion of biomass and extraction of products based on bark and extractives. The project has also given rise to a spin-off based on the findings of microorganisms in the bark samples studied within the project.

1 Inledning/bakgrund

Projektet har varit fokuserat på möjligheter och begränsningar kring ökat nyttjande av skogsindustriell bark för produktion av bio-baserade drivmedel, kemikalier och material. En fördel med skogsindustriell bark är att den finns som resurs redan idag utan något ökat uttag av biomassa från skogen. Bark produceras som restprodukt från både massa- och pappersindustri och från sågverk. Den sammanlagda tillgången på bark i Sverige har uppskattats till 2,2 miljoner ton ts (torrsubstans) eller 12,5 TWh per år (Börjesson 2021). Bark används huvudsakligen för energiåtervinning genom förbränning i barkpannor.

Genom att extrahera och på annat sätt fraktionera bark finns det möjligheter att använda substanser i bark för att framställa mervärdesprodukter som kan användas som komponenter i biodrivmedel och bio-baserade kemiska produkter och material. Det kan gälla substanser som extraktivämnen, där mer lipofila substanser, liksom tallolja från sulfatmassatillverkning, skulle kunna användas för framställning av biodiesel, HVO (hydrogenated vegetable oil), biobensin och flygbränsle. Vattenlösliga polyfenoler från bark, som tannin, kan användas som antioxidanter och garvmedel. Kolhydrater från bark, som cellulosa och hemicelluloser, kan försockras och sockerarterna kan användas i jäsningsprocesser för framställning av exempelvis etanol. Etanolen kan sedan användas för låginblandning i bensin, men också för produkter som E85 och ED95, samt för framställning av kolväten för flygbränsle i s.k. AtJ-(alcohol-to-jet)-processer. Specialsubstanser som suberin och betulin, som finns i hög halt i björkbark, kan användas för specialapplikationer, t.ex. som komponenter i fuktbeständiga barriärmaterial och i hudvårdsprodukter. Bark innehåller även lignin, som genom sin uppbyggnad bestående av fenyylpropanenheter lämpar sig för tillverkning av aromatiska material, mjukgörare, fenoler och kanske även för elektrokemisk vätegasproduktion (Ali et al. 2026; Patel et al. In press).

Användning av kolhydrater i bark för försockring och förjäsning sker genom s.k. biokemisk konvertering (Jönsson & Martín 2016; Martín et al. 2022, Gandla et al. 2022). Vid biokemisk konvertering utförs först en hydrotermisk förbehandling, vanligen vid 160-230 °C, som syftar till att bryta ned hemicellulosan för att göra cellulosan mer åtkomlig för cellulosanedbrytande enzymer (Martín et al. 2022). Därefter utförs en enzymatisk försockring av cellulosan, varvid man huvudsakligen använder hydrolytiska enzymer, men under senare tid även ett oxidoreduktas (dvs. ett enzym som katalyserar redoxreaktioner); lytiskt polysackaridmonooxygenas (LPMO) (Gandla et al. 2022). Sedan utförs en förjäsning, som ofta är baserad på vanlig jäst, *Saccharomyces cerevisiae*, som jäser socker till etanol. Biokemisk konvertering skiljer sig från massa- och pappersprocesser (framställning av kemisk massa, TMP och CTMP) genom att det inte är en självklarhet att barken först avlägsnas i

en barktrumma, innan konverteringsprocessen påbörjas. Rent kemiskt och strukturellt skiljer sig bark och ved åt och det är oklart om det är mest fördelaktigt att avlägsna barken innan konvertering, att ha barken närvarande tillsammans med veden under förbehandling och påföljande processteg och om det är fördelaktigt att extrahera avlägsnad bark innan en eventuell försockring och förjäsning påbörjas.

Det finns alltså många användningsområden för substanser i bark, men användning av bark för energiåtervinning är också viktigt. Bioenergi utgör ungefär en tredjedel av energitillförseln i Sverige och ca 80% av denna bioenergi kommer från skoglig råvara. Av den nyttjade energin kommer närmare 40% från bioenergi. Det svenska samhället är idag väsentligen beroende av bioenergi för att upprätthålla basala funktioner. Ett ökat uttag av substanser från bark skulle kunna öka värdet av skoglig biomassa, men en annan konsekvens skulle kunna bli minskad återvinning av bioenergi. Det är därför väsentligt att inte bara undersöka ökat uttag av substanser från bark, utan även vilka konsekvenser detta skulle kunna få med avseende på minskad återvinning av den för det svenska samhället så viktiga bioenergin.

2 Genomförande

Projektets genomförande har skett i form av fem arbetspaket (AP): AP1 Kemisk analys av barkprover och extrakt, AP2 Pulvrering av bark, AP3 Grön extraktion, AP4 Biokemisk konvertering och AP5 Teknoekonomisk utvärdering.

De industriella barkproverna i AP1 har levererats till Umeå från Billerud AB. För analys behövs inga större kvantiteter, men anledningen till att det behövdes relativt stora mängder bark var att barkproverna från Billerud även studerades i AP2 där barken pulvrerades i pilotanläggningen BTC (Biomassateknologiskt Centrum) i Umeå med utrustning från KlingMill AB. Tre kvaliteter bark från barkstackar från sulfatmassabruk undersöktes: (i) lövträdsbark, huvudsakligen från björk, (ii) blandad barrträdsbark från gran och tall, samt (iii) ren granbark. Förutom industribarken har även andra barkprover studerats, dels från stockar från granbarkborreangripna träd som levererats av Södra Skog och dels referensbark från frisk gran. De kemiska analyserna har utförts av personal från UMU, dels vid KBC Kemiskt-biologiskt centrum i Umeå och dels vid High Coast Innovation Park i Örnsköldsvik där även UMU har ett laboratorium. Biomassans sammansättning med avseende på kolhydrater, lignin, extraktivämen och oorganisk substans (aska) har analyserats genom standardprocedurer och sammansättningen har även studerats med Py-GC/MS vid BAP (Biopolymer Analytical Platform) vid KBC. Extraktivämenas har analyserats med GC-FID och GC-MS. Nedbrytningsprodukter som bildas vid

förbehandling och enzymatisk försockring, samt fermenteringsprodukter har analyserats med HPAEC, HPLC och UV-Vis spektrofotometri av personal från UMU.

Pulvrisering av färsk (inte avsiktligt torkad innan bearbetning) skogsindustriell bark i AP2 har utförts vid BTC i Umeå av SLU. Försöken med KlingMill har omfattat de tre sortimenten som levererats av Billerud. I samband med pulvriseringen har matningshastighet och bladhastighet varierats så att fyra fraktioner erhållits från varje barksortiment. Energiförbrukningen har uppmätts och partikelstorleken hos den bearbetade biomassan har analyserats. Det bearbetade materialet har sedan använts i AP3 och AP4 för extraktionsförsök och försök med biokemisk konvertering.

Extraktionsförsöken i AP3 utfördes vid UMU med en Dionex ASE 350 Accelerated Solvent Extractor. Barkproverna från Billerud och BTC har extraherats med tre olika bio-baserade eller potentiellt bio-baserade lösningsmedel med varierande polaritet. Extrakt har analyserats av UMU, gravimetriskt, med GC-FID och med GC-MS. Värmevärden för extraherat material har analyserats med en Parr 6050 Compensated Jacket Calorimeter bombkalorimeter för att uppskatta hur stor andel potentiell bioenergi som skulle gå förlorad om ett extraktionssteg infördes.

Extraherat och oextraherat material undersöktes i AP4 med avseende på biokemisk konvertering för att utröna om extraktion med olika lösningsmedel påverkar försockringsreaktionen. Försöken utfördes i analytisk skala med och utan hydrotermisk förbehandling under sura betingelser och med svavelsyra som katalysator i förbehandlingssteget. Den enzymatiska försockringen utfördes med en kommersiell enzympreparation från en ledande enzymleverantör. Sockerarterna som bildades under förbehandlingen och under enzymreaktionen mättes med jonkromatografi (HPAEC).

En tekno-ekonomisk analys där olika scenarier för användning av barken jämfördes utfördes i AP5 av Sekab med stöd från UMU och SLU. Fokus för den tekno-ekonomiska analysen låg på själva extraktionssteget och utbytet av lipofila extraktivämen.

3 Resultat

Projektets tyngdpunkt har legat på de tre industriella barksortimenten från Billerud och på den speciella pulvriseringsteknik som utrustningen från KlingMill erbjuder. Genom pulvrisering åstadkoms en finfördelning av barken, vilket åstadkommer en stor ytarea som är fördelaktig för påföljande extraktion

och eventuellt även för förbehandling och försockring i den mån biokemisk konvertering följer på extraktionen. Potentiella problem med pulvrering av bark är dels energiåtgången vid själva pulvreringen och dels risken för att färsk (ej torkad) bark sätter igen utrustningen och orsakar kostsamma produktionsuppehåll för rengöring. Torkning innan pulvrering skulle leda till ökad energiåtgång och utrustningens speciella design möjliggjorde bearbetning av färsk, fuktig bark. I utrustningen från KlingMill bearbetas materialet av två höghastighetsaxlar utrustade med skärblad. Materialet matas via en skruv vinkelrätt mot den första rotern. I avsaknad av en sikt bestäms uppehållstid och slutlig partikelstorlek av axelhastighet, matningshastighet, bladgeometri, motknivsdesign och materialegenskaper. Olika inställningar användes för att förstå hur olika kvaliteter av bark reagerar och för att kunna skraddarsy partikelstorlek, bulkegenskaper och energianvändning till behoven i efterföljande processer, vilket har potential att bidra till ett mer effektivt och integrerat utnyttjande av biomassa.

Vid sidan av barksortimenten från Billerud har det även utförts studier av bark och ved från träd angripna av granbarkborre och jämförelser har gjorts med prover från träd som inte varit angripna. Angrepp av granbarkborre åtföljs vanligen av angrepp av Ophiostomatoid-svampar (blånadssvampar). Därför undersöktes bark och ved från tre sortiment: (i) oangripen, (ii) med initialt angrepp av granbarkborre och (iii) med angrepp av både granbarkborre och blånadssvamp. Försöken visade på en kraftig nedgång av halten av exktraktivämnen i angripen bark och ved, speciellt i prover från träd angripna av både granbarkborre och blånadssvamp (Salou-Quineche et al. 2026). Halten av kolhydrater var dock ofta högre i angripet material än i oangripet, eller åtminstone ungefär lika stor. Elektronmikroskopi visade att fiberstrukturen i stort var oförändrad efter angrepp.

Tekniken för biokemisk konvertering har vidareutvecklats för att förbättra enzymatisk försockring och förjäsning med jäst, speciellt med avseende på ved och bark från barrved. Det sistnämnda har speciellt hög svårighetsgrad eftersom förbehandlat material från barrträd tenderar att innehålla relativt hög halt substanser som kan verka hämmande på cellulosedbrytande enzymer och mikroorganismer som använts för förjäsning (Tang et al. 2024; Tang 2024; Tang et al. 2025). Problematiken kring detta har tidigare beskrivits i översiktsartiklar från gruppen vid UMU (Jönsson & Martín 2016; Martín et al. 2022), inklusive möjligheter och utmaningar med användning av lytiskt polysackaridmonooxygenas i försockringsreaktioner (Gandla et al. 2022). Den analysmetodik för bark och den teknik för biokemisk konvertering som har utvecklats av gruppen vid UMU har under tiden för projektets utförande även tillämpats i samarbetsprojekt med SLU och Valmet (Averheim et al. 2024).

Preliminärt visade den kalorimetriska studien på en nedgång av det högre värmevärdet med 3-8% för extraherad bark. Försöken med försockring av extraherad och oextraherad bark, med och utan hydrotermisk förbehandling, håller fortfarande på att sammanställas och kommer att presenteras i en vetenskaplig publikation (Bassani et al.) och i en kommande doktorsavhandling (Bassani M). Möjligheten att införa ett extraktionssteg med organiskt lösningsmedel (speciellt etanol) har undersökts i en tekno-ekonomisk utvärdering utförd av Sekab och kommer att ingå i en kommande vetenskaplig artikel (Bassani et al.) och en kommande doktorsavhandling (Bassani M).

4 Diskussion

Det framgår av preliminära analyser av resultaten att försöken med pulvrising av färsk industriell bark med utrustning från KlingMill har varit framgångsrika, utan problem med igensättningar och utan ökad energiåtgång vid framställning av material med huvudsakligen mindre partikelstorlek. Resultaten håller fortfarande på att sammanställas och kommer att publiceras i en vetenskaplig artikel och i en doktorsavhandling (Bassani M) efter projektets slut, men kunskap om projektet och pågående studier av den nya pulvrisingstekniken har spritts i samband med vetenskapliga konferenser (Bassani et al. 2024; Bassani et al. 2025) och seminarier (Bassani 2023; 2025).

Resultaten från studierna av barkborreangripen gran har kommunicerats via presentationer på seminarier, en vetenskaplig konferens (Salou-Quineche et al. 2024) och i en vetenskaplig artikel (Salou-Quineche et al. 2026). Resultaten kommer också att presenteras i en kommande doktorsavhandling (Salou-Quineche C). Resultaten visar på kraftigt minskad potential att använda bark från barkborreangripen gran för extrahering av lipofila extraktivämnen för biodrivmedel, redan efter det initiala angreppet och innan angreppet har utökats till att även omfatta blånadsvamp. Innehållet av lipofila extraktivämnen minskade med över 60% i bark från angripna träd. Bark från angripna träd visade dock en förhöjd halt av kolhydrater, vilket borde göra den väl lämpad för biokemisk konvertering, där sockerarter härrörande från cellulosa och hemicellulosor konverteras till etanol. Det är också av intresse att vedfibrernas struktur var bevarad även efter angrepp, vilket tillsammans med den relativt höga kolhydrathalten borde göra veden lämpad för framställning av pappersmassa. Produktionen av tallolja skulle dock vara lägre än normalt pga. reduktionen av halten lipofila extraktivämnen.

En preliminär sammanställning av studierna av extraherad och oextraherad bark tyder på att extraktionen inte hade någon större effekt på påföljande förbehandling och försockring. Den tekno-ekonomiska studien pekar preliminärt

på problematiken kring energibehovet i samband med recirkulering av det organiska lösningsmedel som används för extraktion och därmed på behovet av att framtida försök inriktas på att minimera ration lösningsmedel:bark och på att öka utbytet vid extraktionen. Avsikten är att efter bearbetning av data publicera dessa studier i en kommande vetenskaplig artikel och i en doktorsavhandling (Bassani M).

Kunskaper som anknyter till projektet och till extraktion av komponenter i bark har även nyttiggjorts i vetenskaplig debatt och i populärvetenskapliga sammanhang (Jönsson & Nilvebrant 2024; Jönsson 2025). En oväntad spinoff från projektet var upptäckten av mikroorganismer som följde med de industriella barkproverna och som överlevde behandlingar utförda vid relativt hög temperatur (≥ 80 °C). Dessa mikroorganismer kommer att studeras vidare i framtida projekt, med avseende på värmetalighet, förmåga att fermentera sockerarter från bark och vedråvara och förmåga att syntetisera värmetaliga enzymer av intresse för industriella tillämpningar.

Det noteras även att skogsindustrikoncernen Södra under projektets gång har aviserat att man kommer att påbörja extraktion av bark i industriell skala vid sitt kombinat i Värö. Syftet med detta är att extrahera tanniner, polyfenoliska hydrofila extraktivämnen som historiskt sett huvudsakligen har använts för garvning (Jönsson 2025). Satsningen visar på ett ökat industriellt intresse för utvinning av mervärda substanser från bark som finns tillgänglig inom ramen för befintliga svenska skogsindustriella processer.

5 Publikationslista

Fackgranskade vetenskapliga artiklar

1. Salou-Quineche C, Gard Timmerfors J and Jönsson LJ (2026) Characteristics of bark and wood of Norway spruce infested by spruce bark beetle and blue-stain fungi: Relevance for biomass utilization. *Biomass Bioenerg.* 204, 108452.
2. Tang C, Martín C and Jönsson LJ (2025) Effects of aeration of softwood pretreatment liquid on inhibitors and fermentability using *Saccharomyces cerevisiae* yeast. *Biotechnol. Biofuels Bioprod.* 18, 103.
3. Averheim A, Stagge S, Jönsson LJ, Larsson SH and Thyrel M (2024) Separate hydrolysis and fermentation of softwood bark pretreated with 2-naphthol by steam explosion. *Biotechnol. Biofuels Bioprod.* 17, 102.
4. Tang C, Cavka A, Bui M and Jönsson LJ (2024) Comparison of simultaneous saccharification and fermentation with LPMO-supported hybrid hydrolysis and fermentation. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 12, 1419723.

5. Jönsson LJ and Nilvebrant N-O (2024) Comment on 'Making the biochemical conversion of lignocellulose more robust'. *Trends Biotechnol.* 42, 393-394.

Doktorsavhandlingar

1. Tang C (2024) Investigations of the importance of the redox environment in LPMO-supported bioconversion of pretreated lignocellulose. PhD thesis, Umeå University, Sweden.

Konferenspresentationer

1. Salou-Quineche C, Timmerfors JG and Jönsson LJ. Analysis of wood and bark of spruce-bark-beetle-infested Norway spruce and industrial implications. NWBC 11th Nordic Wood Biorefinery Conference (NWBC), 15-17 October 2024, Örnsköldsvik, Sweden.
2. Bassani M, Gandla ML and Jönsson LJ. Valorisation of bark: From waste to versatile raw material for the biorefinery. NWBC 11th Nordic Wood Biorefinery Conference (NWBC), 15-17 October 2024, Örnsköldsvik, Sweden.
3. Bassani M, Gandla ML, Winestrand S and Jönsson LJ. Industrial bark: A promising versatile raw material for the biorefinery. 22nd International Symposium on Wood, Fiber and Pulping Chemistry, June 2-6, 2025, Raleigh, NC, USA.

Populärvetenskapliga artiklar

1. Jönsson L (2025) Barkämne kan ersätta miljöfarliga substanser. *Kemisk Tidskrift* 4, 20-21.

6 Referenser, källor

Ali A, Jönsson LJ, Ji X, Byström L and Crispin R (2026) Electrochemical coupling of lignin-derived phenolic valorization and green hydrogen production: A minireview. *Mater. Adv.* <https://doi.org/10.1039/D5MA01203A>

Börjesson P (2021). Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion. TFEM; Nr. 122. Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Gandla ML, Tang C, Martín C and Jönsson LJ (2022) Enzymatic saccharification of lignocellulosic biomass. In: *Agricultural Biocatalysis Vol. 9 . Enzymes in Agriculture and Industry*. Eds. Jeschke P and Starikov E. Jenny Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore, pp. 413-469.

Jönsson LJ and Martín C (2016) Pretreatment of lignocellulose: Formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects. *Bioresour. Technol.* 199, 103-112.



Martín C, Dixit P, Momayez F and Jönsson LJ (2022) Hydrothermal pretreatment of lignocellulosic feedstocks to facilitate biochemical conversion. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 10, 846592.

Patel A, Bello Villarino M, Ghiaci P, Hedenström M and Jönsson LJ. Chapter 3: Lignin Structure and Analytics. In: Bhatia RK and Kumari D (eds.) *Lignin Biorefinery for Green Industries*. Taylor & Francis, Abingdon, UK. In press.

7 Bilagor
