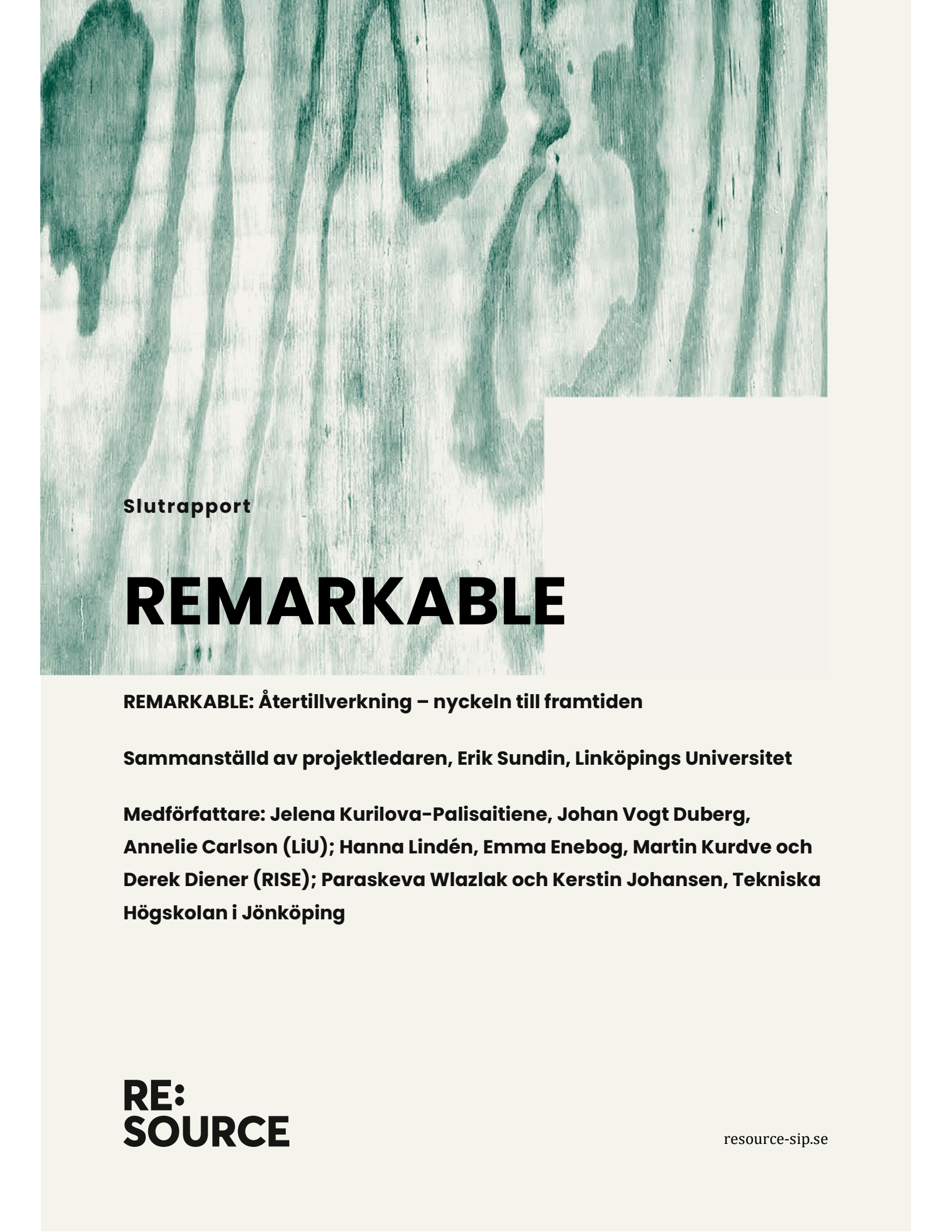




Slutrapport

REMARKABLE

REMARKABLE: Återtillverkning – nyckeln till framtiden

Sammanställd av projektledaren, Erik Sundin, Linköpings Universitet

Medförfattare: Jelena Kurilova-Palisaitiene, Johan Vogt Duberg, Annelie Carlson (LiU); Hanna Lindén, Emma Enebog, Martin Kurdve och Derek Diener (RISE); Paraskeva Wlazlak och Kerstin Johansen, Tekniska Högskolan i Jönköping

**RE:
SOURCE**

resource-sip.se

Slutrapport för projekt:

REMARKABLE

Engelsk titel: **REMARKABLE**: *Remanufacturing – key enabler to future business*

Projektperiod: 2022-08-15 - 2025-08-15

Datum: 2025-03-31

Projektnummer: P2022-00574

Diarienummer: 2022-00118

Projektleddare: Erik Sundin

Organisation: Linköpings Universitet

Adress: 58183 Linköping

Forskarparter:

Linköpings universitet (LiU); Erik Sundin, Jelena Kurilova-Palisaitiene, Johan Vogt Duberg, Annelie Carlson

RISE Research Institutes of Sweden AB (RISE); Derek Diener, Hanna Lindén, Emma Enebog, Martin Kurdve

Tekniska Högskolan i Jönköping Aktiebolag (JTH); Paraskeva Wlazlak, Kerstin Johansen, Malin Löfving

Industriparter: Elektrotermo AB; ETAC AB; Grundfos Holding A/S; Svero Lifting AB; Toyota Material Handling Sweden AB; UBD Cleantech AB.

Nyckelord: Cirkulär ekonomi, Cirkulära strategier, Cirkulär transition, Återtillverkning, Resiliens, Cirkulära affärsmodeller, Cirkulär design.

RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram och finansieras av

VINNOVA

 Energimyndigheten

FORMAS

Förord

Detta är en slutrapport för forskningsprojektet REMARKABLE som skrivits av forskarparterna från Linköpings universitet, Tekniska Högskolan i Jönköping samt RISE.

Innehåll

1. Sammanfattning.....	4
2. Summary.....	4
3. Inledning och bakgrund	4
4. Tillvägagångssätt/genomförande	5
5. Resultat.....	7
6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg.....	38
7. Publikationslista	40
8. Projektkommunikation	42

1. Sammanfattning

REMARKABLE projektet har arbetat fram nya möjligheter för tillverkningsindustrin att bli mer cirkulära genom återtillverkning. Linköpings universitet har tillsammans med Jönköpings Tekniska Högskola och RISE skapat nya sätt att arbeta med återtillverkning hos sex olika tillverkningsbolag: Toyota Material Handling, UBD Cleantech, ETAC, Svero, Elektrotermo och Grundfos.

2. Summary

The REMARKABLE project focused on identifying new opportunities within the manufacturing industry to become more circular through remanufacturing. Linköping university has together with Jönköping University and RISE created new ways to work the remanufacturing at six manufacturing companies: Toyota Material Handling, UBD Cleantech, ETAC, Svero, Elektrotermo and Grundfos.

3. Inledning och bakgrund

Många tillverkare har fått upp ett ökat intresse för cirkulär ekonomi och resiliens för att bli mer konkurrenskraftiga i framtiden. Traditionellt sett så har de flesta tillverkare agerat i en traditionell linjär ekonomi men de nya cirkulära strategierna som funktionsförsäljning (eng. Product-as-a-Service (PaaS)), förebyggande underhåll, reparation och återtillverkning ställer nya krav på de tillverkande företagen. Inom detta forskningsprojekt studeras framför allt tillverkarnas förmågor, möjligheter och utmaningar att börja eller öka sin andel av återtillverkade produkter. Projektets sex företag består av fyra relativt traditionella tillverkare (Svero, Etac, Elektrotermo och Grundfos) med intresse för cirkulära strategier samt två företag som har återtillverkningsverksamhet (Toyota Material Handling och UBD Cleantech). Toyota Material Handling är ett företag som med hjälp av sin affärsmodell att hyra ut sina gaffeltruckar på hyravtal även har lyckats sätta upp en stor återtillverkningsverksamhet i Europa. De tre forskningsaktörerna Linköpings universitet (LiU), Jönköpings Tekniska Högskola (JTH) och RISE Research Institutes of Sweden (RISE) stödjer dessa företag i sin resa framåt mot ökad cirkularitet genom återtillverkning.

Med denna bakgrund är syftet med REMARKABLE-projektet att stödja tillverkare till att bli mer resilienta, cirkulära och hållbara genom återtillverkning och ett effektivt användande av resurser. Inom projektet studerades följande aspekter hos tillverkande företagen:

- Affärsmodeller
- Informationshantering
- Produktkonstruktion
- Hållbarhetsberäkningar

4. Tillvägagångssätt/genomförande

4.1 Projektledning

Projektledningen av REMARKABLE har koordinerats av Linköpings universitet. Projektet har dels arbetat med olika arbetspaket som har koordinerats av de olika forskarparterna för att få en effektivitet i arbetet som pågått mellan inplanerade halvårs-träffar i form av workshops. De olika arbetspaketen har koordinerats enligt följande:

Projektledning - Linköpings universitet (LiU) (Arbetspaket 1)

Affärsmodellsutveckling - RISE (Arbetspaket 2)

Informationshantering – Tekniska Högskolan i Jönköping (JTH) (Arbetspaket 3)

Konstruktion för Återtillverkning - Linköpings universitet (LiU) (Arbetspaket 4)

Hållbarhetsberäkningar - Linköpings universitet (LiU) (Arbetspaket 5)

Projektparterna har samlats halvårsvis i olika workshops där de olika AP:na har delat sina resultat som uppnåtts under projektets gång i kombination med att industriella parterna har varit värdar för mötena. Vid vissa möten har vi besökt andra företag som inspiration till ingående parter i projektet.

4.2 Genomförande

Vi startade projektet med en fysisk kick-off i Linköping där projektparterna fick lära känna varandra och gå igenom förutsättningarna med projektet. Alla deltagare fick även möjligheten att presentera sina företag och vilka förväntningar de hade på projektet. Det var tydligt att man hade lite olikheter när det gällde intresset för de olika arbetspaketen beroende på vilken produkt man tillverkar och hur långt man hade kommit med sina cirkulära strategier och återtillverkningsplaner/utförande.

Det andra fysiska mötet hölls hos Toyota Material Handling för att inspirera de nya företagen till återtillverkning. Mycket fokus låg då på hur man samlar in använda produkter, hur de kategoriseras och återtillverkas på ett så effektivt sätt som möjligt. Toyota Material Handling är ett företag som både nyttillverkar och återtillverkar produkter d.v.s. Original Equipment Remanufacturer (OER).

Det tredje fysiska mötet hölls hos Inrego som återtillverkar IT-utrustning i Täby. Inrego är inte partner i projektet men genom LiUs goda kontakter och samarbeten i tidigare projekt gjorde det möjligt att ha ett studiebesök och projektmöte hos de. Inrego återtillverkar andra tillverkares produkter och agerar således som en Independent Remanufacturer (IR).

Ett fjärde fysiskt besök utfördes hos UBD Cleantech i Höör för att få se deras planerade uppstart av återtillverkning av dieselpartikelfilter från lastbilar. UBD är en partner som LiU tidigare samarbetat med och de återtillverkar främst bildelar på kontrakt från biltillverkare d.v.s. Contracted Remanufacturer (CR).

Ett femte fysiskt besök hölls hos Tekniska Högskolan i Jönköping där vi tog en längre diskussion om hur återtillverkning definieras i olika standarder och lagar. I samband med detta möte utförde vi även ett studiebesök hos ECRIS som vi tidigare samarbetat med i andra forskningsprojekt. ECRIS återtillverkar bildelar under Volvo Cars regi.

Ett sjätte fysiskt möte hölls hos IFS för att få en demonstration av deras nya IT-verktyg som används inom återtillverkning. Deras affärssystem kan stödja vissa företag med hanteringen av produktdata. IFS är inte heller en partner i projektet men de var ändå intresserade av projektet och ville se möjligheterna för framtida samarbeten. Detta var speciellt intressant för ETAC.

Ett avslutande fysiskt möte hölls den 10:e Juni i Linköping 2025.

Under projektets gång har några olika tillvägagångssätt använts, bland annat workshops med roadmaps för varje företag. Tillvägagångssätten har sedan både gett resultat hos företagen och genererat metodresultat som är arbetssätt och metoder för andra företag att utveckla sig. Metoderna som tagits fram i projektet redovisas nedan i resultat.

5. Resultat

5.1 Affärsmodellsutveckling (AP-2)

Företags arbete med återtillverkning inkluderar flertalet områden och frågeställningar. En av dessa är initiering av ny affär och affärsmodell. Men också samverkan med befintliga och nya aktörer i en ny kontext (cirkulära komponent- och produktflöden genom återtillverkning), samt strategiarbete och identifiering av relevanta produkter för pilotarbete.

Företag som ser återtillverkning som potential för affär behöver överväga sin roll i värdekedjan, och sin möjliga affär inom återtillverkning. Det finns olika typer av affärsmodellstyper för återtillverkning; *internt hos tillverkare*, *godkända tredjepartsåtertillverkare* och *självständiga återtillverkare*, som kan genomföras separat eller som en kombination av två¹.



Figur 1. Affärsmodeller för återtillverkning

Original Equipment Remanufacturers (OERs) - innefattar aktörer som återtillverkar egna produkter, t.ex. produkter som härrör från servicecenter, inbyten från återförsäljare eller slutkontrakt. **Kontrakterade återtillverkare** syftar till företag som är kontrakterade att återtillverka produkter på uppdrag av andra företag. Det kan innebära att Original Equipment Manufacturers (OEM) äger produkterna, men inte utför återtillverkningen av dem. I det här fallet har OEM dock fortfarande tillgång till de återtillverkade produkterna och kan sätta dem på marknaden igen. **Oberoende återtillverkare** är de som återtillverkar produkter med ingen eller begränsad koppling till OEM och som köpa eller samlar in produkter för sin återtillverkningsprocess².

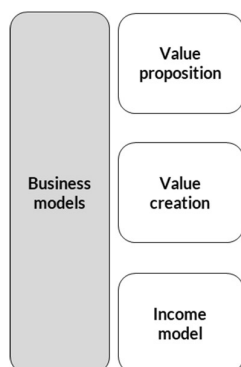
Oavsett affärsmodell för återtillverkning innebär affärsmodellutveckling ett fokus på de olika delarna av affärsmodellen: *Värdeproposition*; *Värdeskapande* och *Inkomstmodell*³.

¹ Sundin et al. (2020). Map of Remanufacturing Business Model Landscape, https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/EC--09_404_D3.1_Business_model_landscape_wi.pdf

² Ibid.

³ Adapted from Boons & Lüdeke-Freund (2013); Boons (2013)

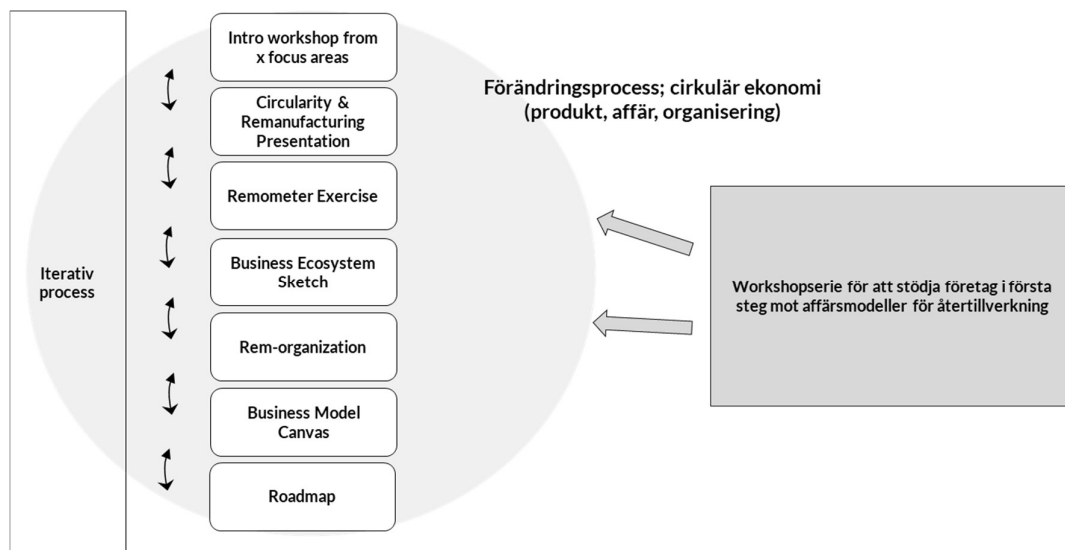
Värdeproposition innefattar det värde som är inbäddat i den produkt eller tjänst som ett företag erbjuder. **Värdeskapande** syftar till det sätt på vilket ett företag samspelar med t.ex. leverantörer och kunder. Hur kostnader och fördelar delas mellan olika aktörer i nätverket kopplar an till företagets **inkomstmodell**. Tillsammans utgör dessa delar ett företags affärsmodell.



Figur 2. Olika delar av ett företags affärmodell

Inom AP2 och genom praktiskt stöd till företag, testades och utvecklades en workshopserie för att stötta företag i deras initiala steg för att skapa en affär inom återtillverkning. Detta för företag som var i ett skede av att utforska en strategisk förändring, att utveckla och testa värdeproposition med hjälp av insikter kring återtillverkningsmöjligheter, och som ville undersöka nya affärsmodeller.

En workshopserie om 3-7 steg (flexibelt utifrån företagsbehov) är framtagen för att i en iterativ process stötta företag i deras uppstart av återtillverkning, utifrån ett affärsmodellperspektiv.



Figur 3. Framtagen workshopserie för initiering av återtillverkning med fokus på affär och affärsmodell för återtillverkning

Workshopserien innehåller en plan för stegvisa övningar och workshops, där resultaten från varje aktivitet ger input till kommande aktiviteter. Workshops börjar därför med fördel med återbesök av tidigare aktiviteter. Allt eftersom utvecklingen fortsätter kan då aktiviteterna ses över och vidareutvecklas.

Det är önskvärt att workshoppen inkluderar deltagare med olika roller på företaget i fråga, som har kunskap relaterade till de specifika teman för de planerade aktiviteterna. Vissa workshops kan dock också genomföras med ett mindre antal deltagare. Och vid behov kan aktiviteterna kompletteras genom att bjuda in ytterligare deltagare.

Grundfos var det företag som genomförde de flesta av dessa steg och vars representants engagemang och uttryckt behov gav inspiration till workshopserien. Samarbetet med Grundfos kan ge en del insikter i huruvida en gedigen forskning av ett företags möjligheter med återtillverkning kan genomföras. Grunden till ett sådant utforskande är engagemang och Grundfos hade en dedikerad person som hade ansvar (och direktiv) att driva frågan kring en återtillverknings verksamhet. Denna individ lyckades dessutom engagera upp mot 8 kollegor i frågorna (och workshops). Arbetet varierade från att prata grundkoncept (*vad är återtillverkning?* och definitioner) och exempel (andra företag och hur de gör) till att prata detaljer, *vilka produkter är mest relevant för oss att starta en återtillverkningsaffär?* Vägen kan vara krokig. Som exempel, tillbringade forskare och 8 personer på Grundfos flera timmar en dag på att prata om *en lovande återtillverkningsmöjlighet/produkt* bara för att – under sista halvtimmen – konstatera att produkten i frågan var inte alls en bra kandidat. Men att utveckla en ny affär/verksamhet tar så klart tid och vi konstaterar att workshopserien och dessa delar är bra heuristik för att leda en konstruktiv diskussion kring möjlig återtillverkning.

En beskrivning på moduler i workshopserien följer här:

Introduktionsworkshop med fokus på fokusområden: Uppstartsdialog mellan företag och forskare t.ex. m.h.a. Mural (om digitalt format) för att påbörja identifiering av nuläge och möjligheter framåt. Ett antal förutbestämda områden (t.ex. produkt, affär, process) guidar dialogen. I REMARKABLE inkluderade fokusområdena: Affärsmodellutveckling; Informationshantering; Design för cirkularitet; och Hållbarhetsanalys.

Cirkularitet- och återtillverkningspresentation(er): Inledande presentation(er) och diskussion kring cirkulär ekonomi och återtillverkning, för uppstart av diskussion och möjliga vägar framåt. Möjlighet till fördjupade presentationer på olika teman av återtillverkning.

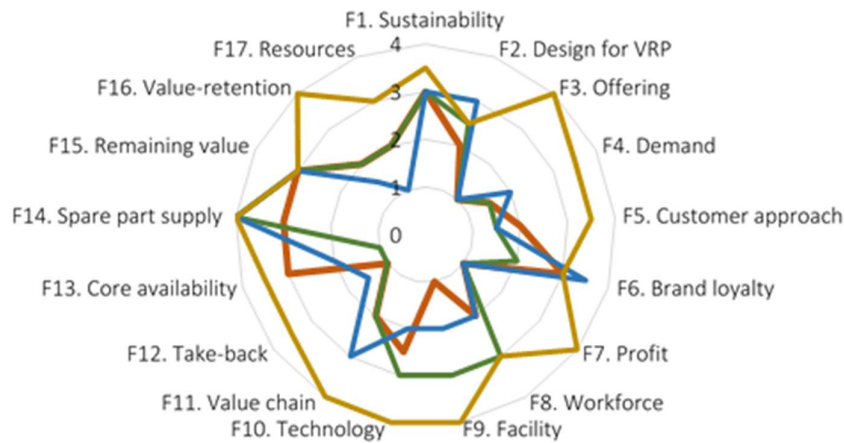
Remometer exercise: Remometer^R - ett analytiskt verktyg som industrin kan använda för att undersöka sin återtillverkningspotential och testa om återtillverkning kan bli en nyckel i företagets affärsmodell. Remometer^R beslutsverktyg hjälper tillverkare att starta återtillverkning genom att undersöka deras beredskap med hjälp av fyra viktiga moment:

1. Identifiera produktens lämplighet för återtillverkning
2. Utvärdering av företagets beredskapsnivå på att starta återtillverkning (RRL)

3. Beräkna ekonomiska, sociala samt miljömässiga fördelar med återtillverkningen
4. Utveckla handlingsplan för att initiera återtillverkningen

Under REMARKABLE projektet stödde LiU projektpartner med ett Remanufacturing Readiness Level (RRL) metod med flera workshoppar (2-4 timmar) (under steg 2 i Remometer^R). RRL - är en självbedömningsmetod, som består av 17 frågor och 4 svar med poäng (mellan 1 och 4) för varje fråga. RRL är baserad på 17 faktorer fördelade på 5 cirkulära dimensioner (se Tabell 1). RRL definierar företagets beredskapsnivå (mellan 1 och 4), vilket visualiseras i ett spindeldiagram (se Figur 4).

På 4 timmar ger RRL en översikt över nuläget –beredskap/mognadsgrad att initiera/eller förbättra återtillverkning. RRL hjälpte till att definiera partners' starka vs. svaga områden (inom 5 cirkulära dimensioner) samt behov och tillvägagångssätt för att börja/förbättra återtillverkning.



Figur 4. Exempel på RRL hos 4 företag.

Tabell 1. RRL indikatorer: 17 faktorer fördelade på 5 cirkulära dimensioner med kort beskrivning.

5 cirkulära dimensioner	17 faktorer	Kort beskrivning
Produkt-utveckling	F1. Sustainability	Social, ekonomisk och miljömässig påverkan av den ursprungliga produkten; design av produkten/tjänsten för flera användningsområden och återanvändning
	F2. Design for VRP	Produktdesign för VRP (förbereda för direkt återanvändning, uppfräschning, reparation, renovering eller återtillverkning); utbytbarhet och reparationsmöjlighet för kritiska komponenter
	F3. Offering	Produkterbjudanden till kunder genom en cirkulär affärsmodell
	F4. Demand	Kundernas efterfrågan och kunskap om återtillverkade produkter
Affärs-modell	F5. Customer approach	Kundernas tillgång till, acceptans av och tillvägagångssätt för återtillverkade produkter
	F6. Brand loyalty	Kundernas lojalitet till det ursprungliga varumärket
	F7. Profit	Vinstmarginal på den återtillverkade produkten som en jämförelse av det monetära värdet av avkastning på investeringar i en produkt med flera användningsområden kontra en traditionell produkt
Tillverkning	F8. Workforce	Tillgång till kvalificerad arbetskraft för att genomföra VRP; arbetskraftens kunskap och färdigheter inom återtillverkning
	F9. Facility	Tillgänglighet av anläggningar och volymer för att realisera VRP
	F10. Technology	Tillgänglighet av teknik, utrustning och verktyg som krävs för att realisera VRP
	F11. Value chain	Företagets bidrag till värdeskapande; relation med andra intressenter i en produktvärdekedja
Leverans-kedjan	F12. Take-back	Lösningar för produktåtertagning, omvänd logistik; planerade och kontrollerade returer av begagnade produkter och komponenter
	F13. Core	Tillgänglighet och åtkomst till begagnade produkter och komponenter (core)
	F14. Spare part	Tillgänglighet och tillgång till originalreservdelar
End-of-use	F15. Remaining value	Uppfattning om kvalitet och värde hos begagnade produkter och komponenter avsedda för VRP; produktens och dess kritiska komponenters hållbarhet
	F16. Value-retention	Erfarenhet av VRP:er, som tar de använda produkterna och komponenterna från mellannvändningsfasen till användningsfasen, med samma produktsyfte/tillämpning
	F17. Resources	Nödvändiga mänskliga, fysiska, materiella och monetära resurser för att övergå från en linjär strategi till en cirkulär strategi

Business ecosystem sketch: En övning vars syfte är att öka förståelsen kring dagens affärsekosystem och att skapa en idé hur ett affärsekosystem för (ökad) återtillverkning kan se ut. Huvudaktiviteten handlar om att rita upp och visualisera värdekedjan med relationer mellan aktörer med fokus inte bara på materialflödena men också på informations- och pengaflödena där stödaktörer (finansiella, data) blir synliga. Fokus är inte exakthet men mer på att stötta diskussion och leda till något som kan underlätta kommunikation med andra. Syfte är också att skapa en bättre förståelse för de aktörer och processer som är involverade i att leverera ett värdeerbjudande, inklusive beroenden och de tekniska komponenter och processer som tillhandahålls av olika aktörer. Övningen inkluderar följande steg:

1. Definiera det affärsekosystem som är av intresse, baserat på en produkt, produkttyp eller värdeerbjudande
2. Identifiera nyckelaktörer/processer, från utvinning av råmaterial via användning till livscykelns slut (vagga till grav) och viktiga stödjande aktörer
3. Rita de viktigaste materialflödena, följt av informationsflöden och penningflöden
4. Idégenerera kring de möjliga förändringar som skulle behövas/genereras av en förändring till återtillverkning

Denna övning gjordes bland annat med representanter från **Svero**. Övningen stimulerade värdefull diskussion mellan kollegorna om dagens verksamhet och huruvida en återtillverkningsaffär och även en produkt-som-tjänst (product as a service - PaaS) affärsmodell skulle kunde implementeras. Med hjälp av övningen illustrerades relationer mellan nyckelaktörer och glapp i en eventuell reverse logistik. En spin-off projekt inleddes kring teknik som skulle kunna underlätta en PaaS affärsmodell.

Rem-organization: Denna workshop inkluderar en serie övningar: fokuserade på (1) Värdeerbjudande för återtillverkning (Remometer-indata), (2) Företagsstrategi och hur den stöder eller hindrar värdeerbjudandet för återtillverkning, (3) Interna aktörer som behövs för att lyckas, (4) Interna fall för lärande, att (5) Definiera kundpersonas. Syftet är att utveckla en gemensam förståelse för viktiga kundtyper och kritiska organisatoriska aspekter relaterade till att lyckas med en ny affärsmodell, såsom återtillverkning. Det ger en plattform för diskussion och dokumentation av aspekter som annars kan förbises eller tas för givna. Företrädesvis inkluderas en bredare representation av roller i organisationen. Viktiga roller inkluderar exempelvis; affärsstrategi, hållbarhet, marknadsföring, försäljning eller andra som är involverade eller potentiellt involverade i åtgärder för affärsbeslut gällande återtillverkning. Workshopen ger en djupare förståelse av organisatoriska aspekter, inklusive drivkrafter och hinder, relaterade till att uppnå återtillverkning. Dessutom listas viktiga interna aktörer och en eller flera skisser av kundpersonas att genereras.

Business model canvas (BMC): BMC är ett verktyg som kan inkluderas i utvecklingsarbete för återtillverkning. Det är ett verktyg för att beskriva, visualisera och analysera affärsmodeller inklusive 1) värdet av den produkt/tjänst som företaget tillhandahåller, 2) relationer med intressenter och 3) översikt över kostnader och intäkter. Här med fokus specifikt på återtillverkning. Att generera en detaljerad förståelse för de olika byggstenarna i en affärsmodell för återtillverkning och ge en plattform för diskussion och bedömning av affärspotential för återtillverkning. Potentiella deltagare inkluderar produktägare, affärsstrategi, hållbarhet, försäljning gällande återtillverkning. Deltagarna bör ha kunskap om kunder och/eller affärsprocesser. Företagets/organisationens workshopplanerare behöver välja och bjuda in deltagare från de funktioner som behövs. De utvalda deltagarna behöver skanna BMC i förväg (material tillhandahålls förslagsvis av forskargruppen). Arbetet syftar till att leverera en djupare förståelse för byggstenarna relaterade till en

affärsmodell för återtillverkning och insikter om områden inom återtillverkningsaffärsmodellen som kräver vidareutveckling.

Roadmaps: Workshopserien inkluderar möjligheten att utforma en roadmap för återtillverkning, som metod och som ett sätt att visualisera en möjlig resa mot uppsatta mål, tillsammans med tydliga initiala åtgärder – som fungerar som ett viktigt verktyg för strategiska diskussioner och beslutsfattande.

Industriella roadmaps för återtillverkning har tagits fram och diskuteras de olika företagens roadmaps på cirkularitet- och återtillverkningsområdet. För att göra detta användes det digitala verktyget "Mural". Dessa roadmaps har skapats genom företagsspecifika möten och även presenterats vid våra fysiska möten. Varje företag har tillsammans med forskare tagit fram en roadmap att följa för hur företaget ska gå vidare för att bli mer cirkulär genom återtillverkning. En generisk mall togs fram för att underlätta framtida roadmappande (figur 5 nedan). Modellen och workshop-processen har inspirerats av verktyget Remometer, som är ett utvärderingsverktyg för mognadsnivå och lämpliga åtgärder för återtillverkning⁴. Ambitionen har dock varit att effektivisera, försöka fånga strategiska vägval inom två workshops samt ett uppföljningssamtal.

Syftet med processen och den generiska mallen är att visualisera och prioritera tänkbara strategiska val över tid samt formulera ett långsiktigt mål. Vi genomförde processen i flera steg där första workshopen avsåg att få upp alla bollar i luften (koppades ihop med tidigare arbeten i projektet som genomförts kring affärsmodellsutveckling), d.v.s. många tänkbara möjligheter, utmaningar och frågeställningar. Den andra workshopen summerade, prioriterade en tänkbar väg fram mot en framtida vision samt konkretiserade delmål. Modellen och resultatet syftar till att underlätta för företaget att se en helhet och reflektera över val som stäcker sig över längre tid.

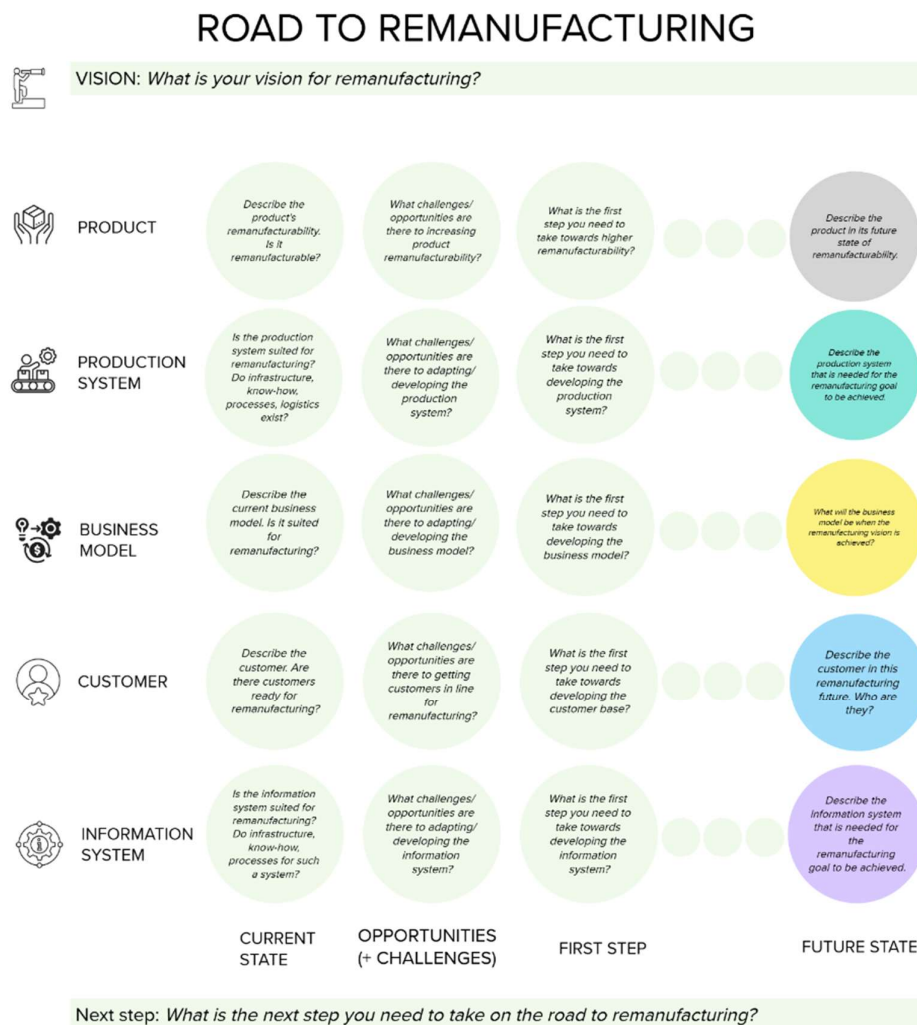
Processen har haft ett stort fokus på lärande mellan parter och experter. Parterna har haft i uppgift att utveckla och presentera sin roadmap vid ett flertal tillfällen. Syftet har varit att parterna ska ta ägandeskap men även skapa möjlighet till lärande och diskussioner för förbättringar mellan parterna. Upplevelsen hos projektdeltagarna är att modellen fungerar väl för att summera en tänkbar "roadmap" för företaget. Exempelvis, vid ett tidigt stadium i Grundfos roadmap arbete identifierades en möjlighet att undersöka ett återtillverknings samarbete mellan **Grundfos** och **UBD Cleantec**. En representant från **UBD Cleantec** har dessutom använt deras roadmap i diskussioner internt m kollegor mellan **Sveros** vd och **Elektrotermos** vd (som hade ganska tydliga tankar om hur vägen framåt skulle vara) tog möjligheten till att få hjälp till att dokumentera och granska deras planer via roadmapen och därmed kunde bättre kommunicera deras vision till kollegor. **ETACs** representant såg arbetet inte som något nytt – de har vana med liknande verktyg som fyller syftet – men däremot såg resulterande visuella roadmap resultatet som tilltalande. Även **Toyota**

⁴ Remometer – Tool to measure your readiness level and benefits with remanufacturing

Material Handling, trots redan har en etablerad återtillverkningsverksamhet kunde kartlägga stegen framåt till ytterligare återtillverkning.

I slutändan kan roadmappen göra arbetet kring återtillverkning mer tydligt och visuellt. Detta inkluderar vilka åtgärder måste tas och vilka individer, roller och discipliner, som behövs för att driva arbetet vidare.

Parallellt har RISE utforskat lärdomarna från Roadmap-arbetet för att se om processen och mallen kan utvecklas till ett pedagogiskt verktyg som kan användas inom RISE koordinerade program som *Produktionslyftet*.



Figur 5. Mall för Road to Remanufacturing övning

En möjlighet för affärsutveckling har varit att använda återtillverkning som nödproduktion i händelse av kris. Särskilt för komplexa produkter med långa leverantörskedjor som elektronikprodukter är detta intressant ur ett resiliensperspektiv. Ihop med andra aktiviteter har återtillverkning av elektronik som ett led i att öka samhällets beredskap för produktbrist bearbetats. När myndigheter utreder sin beredskap för kris ska de ta reda på kritiska material och produkter för att kunna upprätthålla samhällskritiska verksamhetsfunktioner. För försörjningsberedskap av dessa kritiska produkter brukar man använda olika leveranssäkerhetsåtgärder där lager i form av beredskapslager är ganska allmänt känt, att ha flera parallella leverantörskedjor från olika världsdelar är ett annat vanligt tillvägagångssätt. För många komplexa produkter kan det vara svårt eller omöjligt att finna parallella leverantörskedjor, och att bygga beredskapslager för alla sannolika och osannolika krissituationer, och för alla kritiska produkter, kan bli extremt dyrt. Här ser vi att återtillverkning kan vara ett kostnadseffektivt och miljövänligt alternativ för att öka försörjningsberedskap och resiliens. För företagen som kan återtillverka gäller det då att hitta kundgruppen, förklara möjligheter med återtillverkning och klara kravställningen från dessa nya kundgrupper, ofta med offentlig upphandling etc. En vetenskaplig artikel kring detta, med två case varav ett case från projektet har presenterats i en vetenskaplig konferens (EDSI 2025).

5.2 Informationshantering (AP-3)

Syfte med arbetspaket 3: huvudfokus och målsättningar

Detta arbetspaket har också varit intressant för de deltagande företagen (projektparterna). De har vid de olika studiebesöken lärt sig om hur existerande informationshantering går till hos återtillverkande företag inom projektet (Toyota Material Handling och UBD Cleantech) och vid externa studiebesök hos återtillverkande företag (Inrego och ECRIS) samt med stöd av affärsmodellsverktyg såsom det IFS tagit fram.

För detta paket har huvudansvaret legat hos Tekniska Högskolan i Jönköping, som har samlat in data från både deltagande företag i Remarkable-projektet och referensföretag som identifierats som viktiga att inkludera under projektets gång.

Från det initiala arbetet med företagen har syftet och fokusområdena för AP3 utvecklats till att bli mer precisa och fokuserade.

Projektet syfte är att stödja företag i övergången från traditionell till cirkulär produktion, med särskilt fokus på återtillverkning. Mer precist var syftet med AP3 att utveckla kunskap om hur hållbara återtillverkningssystem kan utformas och skalas upp, där informationshantering ses som en möjliggörare, tillsammans med utvecklingen av tekniska, mänskliga samt lednings- och målstyrningssystem.

Fokusområden i AP3:

1. **Utveckling av fyra centrala delsystem (komponenter) i ett återtillverkningssystem:**
 - Tekniska system
 - Informationssystem
 - Mänskliga system
 - Lednings- och målstyrningssystemFokus ligger på att förstå hur dessa system samverkar för att möjliggöra effektiv återtillverkning.
2. **Utveckling av återtillverkningssystem med fokus på hållbarhet**
 - Utformning av återtillverkningssystem med hänsyn till ekonomiska, miljömässiga och sociala hållbarhetsaspekter.
3. **Uppskalning av återtillverkade produkter**
 - Identifiera och hantera utmaningar vid uppskalning av återtillverkning, med särskilt fokus på hur informationshantering påverkas när volymerna av återtillverkade produkter ökar.

Vad vill vi uppnå med AP3?

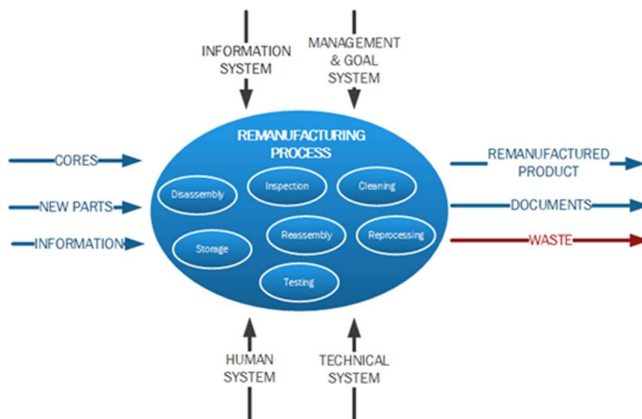
- Stödja företag i övergången från OEM (originaltillverkare) till OER (original equipment remanufacturer).

- Bygga kunskap om hur återtillverkning organiseras, inklusive informationshantering, teknik, människor samt lednings- och målsystem
- Bidra till att förlänga produkters livscykel genom effektiva Value Retention Processes (VRPs).

Flera deltagande företag har uttryckt intresse för att undersöka möjligheterna att starta återtillverkning av sina egna produkter. I projektets inledning framkom ett gemensamt behov av ökad förståelse för hur man påbörjar återtillverkning, särskilt inom befintliga system och strukturer. Särskilt intresse för AP3 har visats av ETAC, Elektrotermo, SVERO och Grundfos

Återtillverkning som ett system av sammanlänkade delsystem

Inspirerat av Hubka och Eder (1998) kan återtillverkning conceptualiseras som ett "svart låda"-system, där olika input omvandlas till utfall genom samspelet mellan sammanlänkade delsystem. Enligt referensen består systemet av fyra delsystem: tekniskt system, informationssystem, mänskligt system samt lednings- och målsystem. Det *mänskliga systemet* representerar arbetskraftens kunskap, färdigheter och organisatoriska roller. Det *tekniska systemet* omfattar de fysiska resurser som krävs för att genomföra återtillverkningsoperationer, såsom maskiner och utrustning, och fokuserar på materialomvandlingen under återtillverkningsprocessen. *Informationssystemet* möjliggör insamling, lagring, bearbetning och kommunikation av data, vilket säkerställer ett smidigt flöde av relevant och korrekt information som stödjer beslutsfattande genom hela återtillverkningsprocessen. *Lednings- och målsystemet* omfattar de mål som ska uppnås, tillsammans med tillhörande instruktioner, procedurer, rutiner, krav, garantivillkor och industristandarder som styr återtillverkningsprocessen. Samspelet mellan dessa system driver den värdeskapande omvandlingen av input till färdiga produkter. Detta är beskrivit i Wlazlak & Johansen (2025).



Figur 6. Allmänt återtillverkningssystem, inspirerat av flera referenser (Sundin & Bras, 2005; Kosacka, 2018; Hubka & Eder, 1998). Figure reused from Wlazlak & Johansen, (2025), licensed

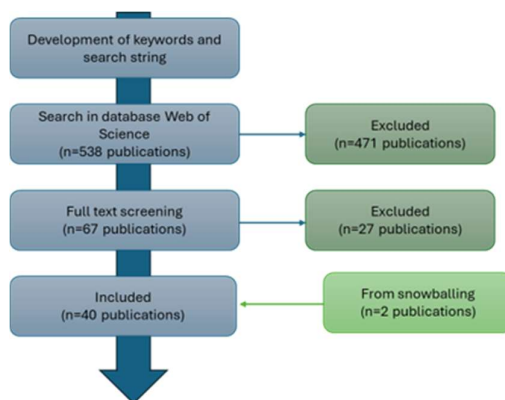
Genomförande

Litteraturgenomgång

Inom AP3 har två litteraturgenomgångar genomförts: litteraturstudie 1 och litteraturstudie 2.

Litteraturstudie 1 fokuserade på hållbar återtillverkning. Studien baserades på en systematisk sökning i databasen Web of Science, där sökordet "sustainable remanufacturing" användes. Den granskade tidsperioden sträckte sig från 1999 till maj 2023. För att avgränsa materialet exkluderades artiklar som i huvudsak behandlade affärsmodeller, samt de som endast berörde hållbarhet eller återtillverkningssystem på ett ytligt sätt. Efter urvalsprocessen återstod ett slutligt material bestående av 12 vetenskapliga artiklar.

Litteraturstudien 2 baserades på publikationer i databasen Web of Science med sökorden *informationshantering*, *återtillverkning* och *cirkulär ekonomi* samt deras synonymer. En urvalsprocess genomfördes med inklusions- och exklusionskriterier, där exempelvis byggbranschen och BIM uteslöts för att säkerställa relevans för studiens fokusområde – information och återtillverkning inom tillverkningsindustrin. Av 67 granskade publikationer bedömdes 38 som relevanta, och ytterligare 2 identifierades genom snöbollsurval. Totalt analyserades 40 publikationer tematiskt och kategoriserades inom områdena informationsflöden, återtillverkningsinformation, skalbarhetsutmaningar och informationsaspekter kopplade till återtillverkningsverksamhet. För mer information, se figur 7 och publikationen av Löfving, Wlazlak & Johansen (2025).



Figur 7. Översikt över sökprocessen för litteraturstudien. *Figure reused from Löfving, Wlazlak & Johansen (2025)*

Fallstudier

Två fallstudier genomfördes för att undersöka hur Original Equipment Remanufacturers (OEM) utvecklar återtillverkningssystem vid sina befintliga produktionsanläggningar. Studierna fokuserade på två centrala forskningsfrågor: (1) Vilka utmaningar möter OER-företag vid utvecklingen av återtillverkningssystem på sina befintliga

produktionsanläggningar? (2) Vilka möjliggörande faktorer kan underlätta utvecklingen av återtillverkningssystem hos OER-företag på deras befintliga produktionsanläggningar?

För att bevara anonymitet benämns företagen som MOVING (referensföretag) och INDEP (företag som deltar i Remarkable-projektet).

MOVING är ett tyskt industriföretag verksamt inom industriell automation. Deras återtillverkningsinitiativ, *Scale-projektet*, fokuserade på en komplex produkt som integrerar mekaniska, elektriska och elektroniska komponenter. Projektet inleddes 2023 och hanterade 22–25 enheter per månad, vilket är en liten andel av företagets totala nyproduktionsvolym på över 200 000 enheter per år. En av de centrala utmaningarna var prissättningen av de återtillverkade produkterna.

Inom företaget INDEP låg fokus på det så kallade Test-projektet – ett initiativ som forskarna inom AP3 fick möjlighet att följa i realtid. Projektets syfte var att utveckla och etablera ett fungerande återtillverkningssystem. Produkten i fokus var av medelhög komplexitet. Inom ramen för Test-projektet togs cirka 20–22 enheter tillbaka från en tidigare kund, med målet att återanvända delar från dessa i en ny beställning från samma kund. På så sätt kunde både nya och återtillverkade komponenter användas i en och samma kundorder. Detta gav företaget möjlighet att öva på och validera sin återtillverkningsprocess i praktiken.

Båda företagen befann sig i ett tidigt stadium av sin återtillverkningsresa, men hade tidigare erfarenhet av reparation och renovering, vilket underlättade övergången till återtillverkning.

MOVING, som inte deltar i Remarkable-projektet, valdes som referensfall eftersom företaget nyligen (cirka 1 år) påbörjat sin satsning på återtillverkning. INDEP hade redan etablerat en relation med MOVING, och båda företagen visade intresse för att utbyta erfarenheter inom området.

De två fallstudierna bidrar till fokusområde 1 & 3 i AP3, nämligen utvecklingen av fyra centrala delsystem inom ett återtillverkningssystem:

- Tekniska system
- Informationssystem
- Mänskliga system
- Lednings- och målstyrningssystem

Datainsamling

För att kunna besvara forskningsfrågorna inleddes studien med en nulägeskartläggning hos de två fallföretagen. Kartläggningen fokuserade på hur återtillverkningsprocessen såg ut, med särskild hänsyn till olika återtillverkningsteg, materialhantering, informationsflöden samt beslutsfattande punkter inom processen.

Data samlades in för båda fallstudierna genom en kombination av semistrukturerade intervjuer, observationer, dokumentanalys, informella samtal och workshops. Studien pågick mellan maj och augusti 2024 och inleddes med MOVING:s Scale-projekt, följt av INDEP:s Test-projekt. Intervjuer genomfördes med nyckelpersoner från olika funktioner som varit involverade i utvecklingen av återtillverkningssystemen.

Observationer utfördes vid båda företagens svenska produktionsanläggningar, samt under en gemensam workshop där representanter från både MOVING och INDEP deltog. Utöver detta hölls en andra workshop i augusti 2024 med INDEP och andra företag i olika mognadsgrader av återtillverkning. Under dessa workshops diskuterades forskningsresultat, erfarenheter utbyttes och ytterligare data samlades in. Informella samtal med deltagarna användes också för att förtydliga och komplettera insamlad information.

En mer detaljerad beskrivning av fallstudierna samt resultaten från dessa två studier har publicerats i *Wlazlak och Johansen (2025)*.

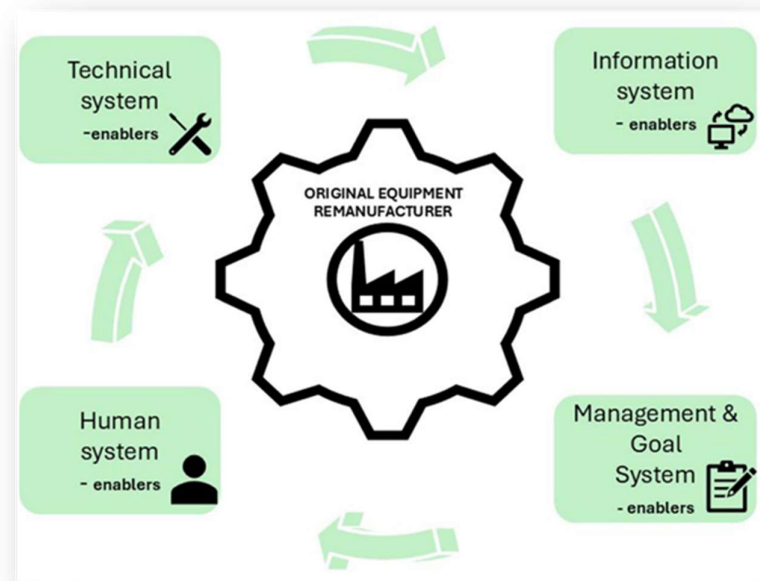
Resultat

Resultat som har publicerats i de följande fyra artiklar har sammanfattats nedan.

1. *Wlazlak, P., Johansen, K. Development of remanufacturing systems at original equipment remanufacturers. Int J Interact Des Manuf (2025).*
<https://doi.org/10.1007/s12008-025-02314-6>

Denna artikel bidrar till fokusområde 1 och fokusområde 3, och fokuserar på resultat från de två fallstudierna genom att belysa utvecklingen av fyra delsystem inom ett återtillverkningssystem (se figur 8), inklusive:

- Tekniska system
- Informationssystem
- Mänskliga system
- Lednings- och målsystem



Figur 8. Utveckling av återtillverkningssystem hos OER-företag, med fokus på 4 delsystem *Figure reused from (Wlazlak & Johansen, 2025), licensed under CC BY 4.0.*

I denna artikel (Wlazlak och Johansen, 2025) presenteras de utmaningar som OER-företag möter vid utvecklingen av de fyra delsystemen, samt insikter som kan vägleda OER-företag i de tidiga stadierna av att integrera återtillverkningsprocesser i sin verksamhet. Studien bidrar med en fördjupad förståelse av återtillverkning som ett transformationssystem bestående av fyra integrerade delsystem: det mänskliga, tekniska, informativa samt lednings- och målsstyrningssystemet.

Det utvecklade ramverket kan hjälpa företag som vill starta upp återtillverkning vid sina befintliga anläggningar. Lärdomar från fallföretagen presenteras tillsammans med detaljerade kartläggningar av respektive företags återtillverkningsprocess, med särskilt fokus på materialflöde, informationshantering och beslutsfattande punkter inom processen. Sammanfattningsvis ger studierna som presenteras i Wlazlak och Johansen (2025) både teoretiska och praktiska insikter som stödjer OER-företag i att utveckla effektiva återtillverkningslösningar.

Exempel från studierna med koppling till de fyra delsystemen, utmaningar samt faktorer som kan möjliggöra och stödja arbetet.

Mänskliga systemet

- Inspektionerna är mycket beroende av operatörernas erfarenhet, vilket skapar subjektivitet och variation i bedömningarna.
- Praktisk träning och feedback från operatörer är viktiga för att utveckla kompetens och förbättra kvaliteten.

Tekniska systemet

- Båda projekten använde befintlig utrustning, vilket minskade investeringsbehovet. Dock identifierades kapacitetsbegränsningar, särskilt i rengöringsprocessen, som flaskhalsar.
- Det fördes diskussioner om att delegera vissa moment, som rengöring och demontering, till externa partners för att hantera kapacitets- och platsbegränsningar.

Informationssystemet

- I båda fallföretagen saknade ERP-systemen funktioner anpassade för återtillverkning, vilket ledde till manuellt arbete och ökade risker för fel i materialhantering och spårbarhet. Vid ökade volymer av återtillverkade produkter riskerar affärssystemet (ERP-systemet) att bli en flaskhals. Detta diskuteras i *Wlazlak & Johansen (2025)*.
- Under projektets gång inleddes diskussioner kring hur ERP-systemet skulle kunna anpassas till återtillverkningsprocesser.
- Det finns färdiga lösningar – bland annat presenterade företaget IFS en sådan lösning för deltagande företag i Remarkble-projektet. IFS:s lösning inkluderade kravspecifikationer för återtillverkning med fokus på core-hantering (det vill säga slitna produkter som fungerar som råmaterial i återtillverkning), fördefinierad demontering samt hantering av en mix av nya och återanvända komponenter. Även livscykelspårbarhet och andra relevanta aspekter diskuterades.

Lednings- och målsystemet

- Båda projekten använde stegvisa projektmodeller och tvärfunktionella team för att strukturera utvecklingsarbetet.
- Regelbundna möten och tydliga rutiner bidrog till löpande förbättringar och stärkt samarbete mellan funktioner.
- Flexibilitet i arbetssättet ansågs vara viktig för att möjliggöra innovation och anpassning, särskilt under de tidiga utvecklingsfaserna.

Ramverket presenteras i mer detalj i *Wlazlak & Johansen (2025)*.

2. Löfving M., Wlazlak P. and Johansen K. (2025) *Information management for remanufacturing industrialization, Proceedings of the International Conference on Remanufacturing, ICoR 2025, Amsterdam, Netherlands, April 8-10 2025, 2025, p. 288-303.*

Denna artikel bidrar till fokusområde 3.

Uppskalning av återtillverkningsvolymen från ett fåtal enheter till större volymer kan medföra flera utmaningar. Artikeln undersöker skalbarhetsutmaningar och relaterade informationsaspekter längs de olika stegen i återtillverkningsprocessen:

- Insamling och selektering
- Demontering, rengöring och inspektion
- Återmontering, testning och återförsäljning

För att uppnå skalbarhet är tillgången till, och effektiv hantering av, både produktrelaterad och produktionsrelaterad information avgörande.

Denna artikel bygger på litteraturstudier och fallstudier från projektet Remarkable (MOVING:s Scale-projekt), samt resultat från ett annat projekt med koppling till möbelindustrin (Furniture-studien). Furniture-studien omfattar fyra svenska möbelföretag (SME) som arbetar med lågvolymproduktion och hög produktvariation. En jämförelse mellan dessa branscher har genomförts för att identifiera likheter och skillnader.

Ett exempel på utmaningar som diskuteras i *Löfving, Wlazlak och Johansen (2025)* rör insamling och selektering av 'cores' i återtillverkningsprocessen. Insamling och selektering är avgörande steg som kräver information från användningsfasen, såsom produktens användning, underhåll, slitage, returvanor och livslängd. Utan denna information blir det svårt att bedöma produkternas skick, identifiera reparationsbehov, planera logistik och lagerhållning, samt avgöra om återtillverkning är möjlig.

Utmaningarna i Furniture-studien inkluderar bland annat att företagen säljer via återförsäljare och därmed saknar direktkontakt med slutkunderna. Det finns begränsad kunskap om var produkterna hamnar efter försäljning, vilket försvårar insamling av feedback, användningsinformation och lokalisering av produkterna. Denna brist på information försvårar både insamling och selektiv återtillverkning eftersom nödvändiga data ofta saknas. I jämförelse initieras insamlingen i MOVING-studien genom teknisk support, där kunder rapporterar enheter för återtillverkning. Här sker kundkontakten direkt via teknisk support och viss teknisk information spåras digitalt, bland annat med hjälp av QR-koder. Trots detta är processen fortfarande manuell och till stor del beroende av personalens erfarenhet, eftersom strukturerad dokumentation saknas. Värderingen av produkterna sker dessutom utan förhandsinspektion, vilket ökar risken i urvalsprocessen.

Slutliga slutsatser i publikationen av *Löfving, Wlazlak och Johansen (2025)* är att en ökning av återtillverkningsvolymen och skalbarhet kräver:

- insamling av data från produktens användningsfas
- anpassning av ERP-system
- utveckling av rutiner och instruktioner (t.ex. för produktbedömning)

3. Johansen, K. Wlazlak, P, (2025). *Remanufacturing in a Circular Value Chain – Information Management Aspects. Advances in Remanufacturing. IWAR 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. eBook ISBN: 978-3-031-92425-5, Due: 09 September 2025*

Artikeln undersöker hur informationshantering kan stödja återtillverkning inom en cirkulär värdekedja, med särskilt fokus på kommande krav såsom det digitala produktpasset (Digital Product Passport, DPP). Studien belyser både interna processer för informationshantering och, framför allt, det mellanorganisatoriska informationsutbytet samt relationerna mellan aktörer under produktlivscykeln. Fokus ligger på hur information effektivt kan delas mellan olika aktörer för att möjliggöra och förbättra återtillverkningsprocesser.

Artikeln baseras på en litteraturstudie samt empiriska data från initiala studier inom Remarkable-projektet, med särskilt fokus på två av de deltagande företagen. Dessa företag delade med sig av sina erfarenheter och utmaningar kopplade till informationsdelning i värdekedjan.

Företagen lyfte fram flera centrala utmaningar i sin informationshantering:

- ERP-systemen är inte anpassade för återtillverkningsprocesser, vilket försvårar hantering av produktdata och spårbarhet genom produktens livscykel.
- Svårigheter att samla in data från användningsfasen. Företagen ser både utmaningar och möjligheter i att samla in användardata för att förbättra produkter och produktionssystem.
- Delegering av återtillverkningssteg till leverantörer: Diskussioner fördes kring vilka delar av återtillverkningsprocessen, såsom demontering, inspektion och rengöring, som potentiellt kan outsourcas till externa aktörer. För att detta ska vara möjligt krävs dock en god intern förståelse för återtillverkningsprocesserna, så att rätt krav kan definieras och kvaliteten säkerställas.
- Osäkerhet kring dataskydd och hantering av känslig information i informationsflöden mellan aktörer. Företagen upplever svårigheter med att balansera öppen informationsdelning med behovet av att skydda affärskritisk information. Denna utmaning är särskilt relevant för oberoende återtillverkare (independent remanufacturers) och kontraktsåtertillverkare (contract remanufacturers), det vill säga företag som återtillverkar produkter utan direkt koppling till originaltillverkaren (OEM), eller som verkar på uppdrag av exempelvis en OEM (Johansson et al., 2019; Golinska-Dawson, 2018; Butzer & Schötz, 2025). Dessa aktörer har ofta begränsad tillgång till fullständig produktinformation och måste navigera i komplexa informationsflöden där integritet och affärshemligheter behöver hanteras varsamt. Denna utmaning diskuteras både av företagen som deltog i Remarkable-projektet men också i litteraturen (Jäger-Roschko & Petersen, 2022).

Exempel på företag som har besökts inom ramen för projektet är Inrego, RP Linköping AB (utöver UBD).

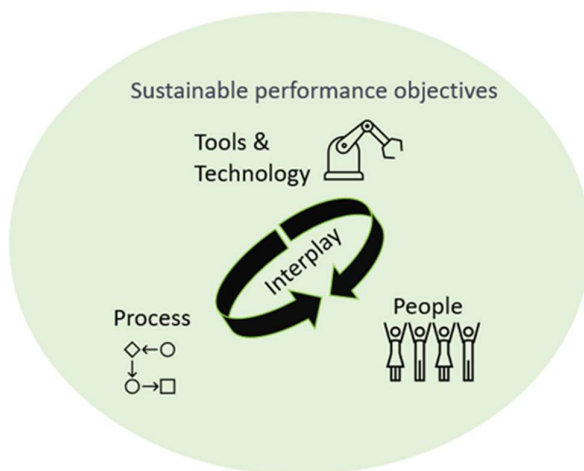
- Kommande krav på digitala produktpass innebär ytterligare utmaningar. Företagen måste förstå vilken information som behöver samlas in, systematiseras och delas, både gällande produkten och tillverknings- samt återtillverkningsprocesserna.

De slutliga slutsatserna i publikationen av *Johansen & Wlazlak (2025)* lyfter fram följande:

- Samarbete mellan aktörer är avgörande, med en tydlig förståelse för varför, vad, hur och av vem information används.
- Det behövs incitament för effektiv informationsdelning mellan aktörer i återtillverkningskedjan.
- ERP-system behöver anpassas för att stödja återtillverkningsprocesser, inklusive hantering av komplex livscykelinformation.

4. *Wlazlak, P., Johansen, K. (2024). Development of Sustainable Remanufacturing Systems: Literature Review. In: Fera, M., Caterino, M., Macchiaroli, R., Pham, D.T. (eds) Advances in Remanufacturing. IWAR 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52649-7_1*

Artikeln bidrar till fokusområde 2 och behandlar utformningen av återtillverkningsystem med hänsyn till ekonomiska, miljömässiga och sociala hållbarhetsaspekter. Den adresserar bristen på forskning kring hur sådana system kan designas och utvecklas för att uppnå hållbarhetsprestanda (hållbarhetsmål). Studien, som baseras på litteraturstudie 1, analyserar vilka aspekter som hittills har beaktats i utvecklingen av hållbara återtillverkningsystem, utifrån tre delsystem: process, människor samt verktyg och teknologi. Visualiseringen av detta presenteras i figur 4.



Figur 9. Visualisering av ett återtillverkningssystem med fokus på processer, människor, verktyg och teknologi samt betydelsen av samverkan mellan dessa. Figuren är inspirerad av Morgan och Liker (2006).

Att definiera ett återtillverkningssystem som ett antal sammanlänkade delsystem som samverkar mot ett gemensamt mål är inspirerat av Morgan och Liker (2006). Ett sådant system kan bestå av tre delsystem: processer, människor samt verktyg och teknologi. Detta tankesätt har även använts på liknande sätt i artikeln av Wlzlak och Johansen (2025). I denna artikel avser processer den serie av steg genom vilka en begagnad produkt återställs till ett skick som är jämförbart med, eller i vissa fall bättre än, en ny produkt. Människor syftar på den tvärdisciplinära kunskap och kompetens som krävs för återtillverkning. Verktyg och teknologi omfattar de metoder och tekniska hjälpmedel som används för att stödja och möjliggöra återtillverkningsprocessen.

Med utgångspunkt i dessa tre delsystem (eller komponenter) behandlar artikeln två centrala frågor: vilka förmågor som krävs för ett hållbart återtillverkningssystem, samt vilka möjliggörare som kan stödja ett sådant system.

Litteraturstudien tyder på att mer fokus läggs på de ekonomiska och miljömässiga dimensionerna av hållbarhet snarare än den sociala dimensionen, men betonade också vikten av att etablera och balansera de ekonomiska, miljömässiga och sociala hållbarhetsmålen för ett återtillverkningssystem. Dessutom påpekades bristen på verktyg, metoder och ramverk som stödjer utvecklingen av återtillverkningssystem som kan balansera de tre pelarna av hållbarhet. Alla dessa punkter presenteras och diskuteras i Wlzlak & Johansen (2024).

Vidare presenteras nedan exempel på identifierade förmågor som behöver byggas upp i ett hållbart återtillverkningssystem, relaterade till processer, människor samt verktyg och teknologi: Viktiga förmågor inom återtillverkningsprocesser är bland annat förmågan att anpassa och justera processer utifrån förändrade marknadsförhållanden och produktkrav. Det innefattar också hantering av låga produktionsvolymen och stora variationer i

processtider. En annan central förmåga är att kunna hantera den komplexitet som uppstår genom olika produktgenerationer och de många varianter som ofta förekommer inom en produktfamilj (Acerbi et al, 2021; Chau et al., 2021, Kerin & Pham, 2020). Med tanke på människorna i återtillverkningsystemet är viktiga förmågor bland annat att säkerställa en trygg och ergonomisk arbetsmiljö som främjar medarbetarnas hälsa, säkerhet och välbefinnande. Det innefattar även förmågan att identifiera, rekrytera och utveckla personal med den kompetens som krävs för att effektivt kunna hantera digitala teknologier i arbetsmiljön, samt att arbeta med komplexa och varierande arbetsmoment (Acerbi et al, 2021; Chau et al., 2021, Kerin & Pham, 2020). Vidare, med tanke på verktyg och teknologi, handlar det om att övervaka och följa upp kostnaderna kopplade till återtillverkningsprocesser (Acerbi et al, 2021) samt att övervaka och följa upp miljöpåverkan från dessa processer, såsom energianvändning, materialspill och koldioxidutsläpp.

I denna artikel (Wlazlak & Johansen, 2024) diskuteras olika möjliggörare kopplade till processer, människor, verktyg och teknologier. Bland de teknologier som behandlas finns bland annat beslutsstödsystem (Acerbi et al, 2021; Kerin & Pham, 2020), simuleringsverktyg (Acerbi et al, 2021) samt digitala teknologier inom Industri 4.0, såsom IoT-plattformar, virtuell verklighet, förstärkt verklighet och Big Data.

Referenser publicerade genom Remarkable och AP3.

Wlazlak, P., Johansen, K. Development of remanufacturing systems at original equipment remanufacturers. *Int J Interact Des Manuf* (2025). <https://doi.org/10.1007/s12008-025-02314-6>

Wlazlak, P., Johansen, K. (2024). Development of Sustainable Remanufacturing Systems: Literature Review. In: Fera, M., Caterino, M., Macchiaroli, R., Pham, D.T. (eds) *Advances in Remanufacturing. IWAR 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52649-7_1

Johansen, K. Wlazlak, P. (2025). Remanufacturing in a Circular Value Chain – Information Management Aspects. *Advances in Remanufacturing. IWAR 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. eBook ISBN: 978-3-031-92425-5, Due: 09 September 2025 <https://link.springer.com/book/9783031924248>

Löfving M., Wlazlak P. and Johansen K. (2025) Information management for remanufacturing industrialization, *Proceedings of the International Conference on Remanufacturing, ICoR 2025, Amsterdam, Netherlands, April 8-10 2025*, 2025, p. 288-303.

Andra referenser

Sundin, E., Bras, B.: Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing. *J. Clean. Prod.* 13(9), 913–925 (2005). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.04.006>

- Kosacka, M.: Automotive parts remanufacturing—Processes, problems and challenges. Case study on a Polish remanufacturing company. In: Sustainability in Remanufacturing Operations. Springer, and F. Kübler Eds. (2018)
- Hubka, V., Eder, W.E.: Theory of technical systems: a total concept theory for engineering design, 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, (1988)
- Johansson, G., Sundin, E., Wiktorsson, M.: Sustainable manufacturing: why and how to improve environmental performance, Edition 1 ed. Lund: Studentlitteratur. (2019)
- Golinska-Dawson, P., Kübler, F.: Sustainability in Remanufacturing Operations. Springer (2018)
- Butzer, S., Schötz, S.: Map of remanufacturing processes landscape. <https://www.remanufacturing.eu/> (2025). Accessed 01 Jan 2025
- Jäger-Roschko, M. & Petersen, M. (2022). Advancing the circular economy through information sharing: A systematic literature review, Journal of Cleaner Production, 369. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133210>
- J. M. Morgan and J. K. Liker, The Toyota product development system : integrating people, process, and technology. New York: Productivity Press, 2006
- F. Acerbi, C. Sassanelli, S. Terzi, and M. Taisch, "A Systematic Literature Review on Data and Information Required for Circular Manufacturing Strategies Adoption," (in English), Sustainability, Review vol. 13, no. 4, p. 26, Feb 2021, Art no. 2047, doi: 10.3390/su13042047.
- M. Q. Chau et al., "Prospects of application of IoT-based advanced technologies in remanufacturing process towards sustainable development and energy-efficient use," Energy Sources Part A-Recovery Util. Environ. Eff., Article; Early Access p. 25, 2021 Nov 2021, doi: 10.1080/15567036.2021.1994057.
- M. Kerin and D. T. Pham, "Smart remanufacturing: a review and research framework," J. Manuf. Technol. Manag., Review vol. 31, no. 6, pp. 1205-1235, Nov 2020, doi: 10.1108/jmtm-06-2019-0205.

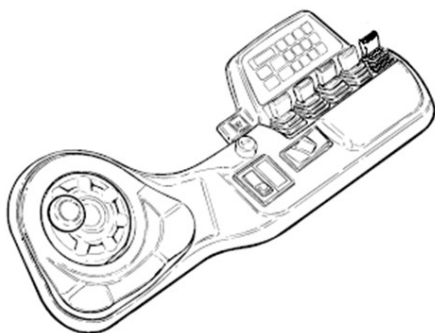
5.3 Konstruktion för Återtillverkning (AP-4)

För att uppnå en effektiv återtillverkningsprocess behöver produkterna som är ämnade för återtillverkning vara anpassade för återtillverkning. För att få produkter anpassade för återtillverkning behöver man se till så att alla processtegen i återtillverkningen går att genomföra på ett så effektivt sätt som möjligt.

Ett exempel på vilka steg som ingår i en återtillverkningsprocess är följande som Toyota Material Handling har för att återtillverka gaffeltruckar:

- Inspektion
- Rengöring
- Reparation
- Lackering
- Sluttest

Inom REMARKABLE-projektet har ingen av Toyota Material Handlings gaffeltruckar analyserats. Men det har utförts i tidigare forskningsprojekt där man bland annat hittat förbättringspotential för hur manöverkonsollen fästelement kan ändras (se Figur 10).



Figur 10. Illustration av manöverkonsol och reglage i en gaffeltruck (Sundin m.fl. 2009).

Ett annat företag inom REMARKABLE har dock analyserat två olika produkter under projektets gång. Först utfördes en analys av ett av deras värmeskåp (Figur 11).



Figur 11. Värmeskåpet ET811G (Elektrotermo, 2022)

För att anpassa värmeskåpet för att kunna återtillverkas (en process finns ej idag hos företaget) kom man fram till följande saker:

- De komponenterna företaget ser kommer slitas och troligen behövas bytas ut vid återtillverkning är termostat, termometer, fläkt och list. (R2)
- ElektroTermo anser att deras största problem med återtillverkning av deras värmeskåp är hur de ska rengöra dem, framför allt hur man ska göra med isoleringen då kablage och andra komponenter bedöms tåla vatten. (R1, R2)

Vid vidare analys av värmeskåpets delar fanns man följande: RemPro analysen ger att värmeskåpet ET 811 G idag generellt sett är en produkt som passar bra att återtillverkas, emellerid finns vissa problemområden. En svårighet med produkten är att den får nej på enkel att verifiera, se tabell 3, dvs. det är svårt att bedöma vilket skick produkten eller komponenterna är i. Dessutom att det är en produkt som är svår att hantera och stapla, utifrån att det är en stor produkt. RemPro-analysen ger också att produkten inte är tillräckligt slittålig för att kunna rengöras tillräckligt i återtillverkningen.

Tabell 2: RemPro

Återtillverkningssteg Produktegenskap	Inspektion	Demontering	Rengöring	Lagring	Montering	Sluttest
Enkel att identifiera	JA	JA		JA	JA	JA
Enkel att verifiera	NEJ	NEJ		NEJ	NEJ	JA
Bra åtkomlighet	JA	JA	JA		JA	JA
Enkel att hantera	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	JA
Enkel att separera		JA	JA			
Enkel att fixera					JA	
Enkel att inpassa					JA	
Enkel att stapla				NEJ		
Bra tålighet		JA	NEJ		JA	

- JA = Egenskapen finns hos skåpet och dess komponenter för återtillverkningssteget
- NEJ = Egenskapen finns ej hos skåpet och dess komponenter för återtillverkningssteget
- _ = Egenskap är icke relevant för återtillverkningssteget

Storköksprodukter som är anpassade för återtillverkningen kan underlätta för köksarbetare samtidigt som man upprätthåller den hy-gien som krävs i köksmiljöer. Några av återtillverkningens förhållningar:

- Hörn med radie, smuts ansamlas i skarpa hörn och blir svårare att göra rent
- Slittålig och lättrengörbara material, ha material som inte rostar, flagar eller klarar av kraft och temperaturförändringar
- Tidlös design, utan att uppfattas som en föråldrad produkt och med återtillverkning kan man förnya, förlänga dess livslängd.
- Gör slitagedelar lättåtkomliga, gör det lätt att se när en del behöver bytas och lätt att faktiskt byta dem

En del av företagen har velat undersöka deras produkters konstruktion. Elektrotermo har analyserat tillsammans med LiU ett av deras värmeskåp samt en av deras ugnar. I båda analyserna framkom det förslag på förbättringar ur tekniska, ekonomiska och ekologiska perspektiv. Även ETAC har analyserat en av deras produkter, en rullstol av märket Cross 6, för att se hur den kan bättre anpassas för återtillverkning.

Ett kandidatuppsatsarbete som berörde konstruktionen av ett Elektrotermos värmeskåp:

Björnson, K och Alfredsson, S (2022) Produktanalys och framtagande av nytt konstruktionsunderlag för storköksutrustning, ur ett återtillverkningsperspektiv,

Linköpings universitet, IEI, Kandidatuppsats, 12 hp, Civilingenjör Design och Produktutveckling, ISRN: LIU-IEI-TEK-G--22/02046—SE.

Sammanfattning av kandidatarbetet:

Syftet med detta kandidatarbete är att undersöka hur värmeskåp för storkök kan utformas för att enklare kunna återtillverkas.

Utifrån resultaten som presenteras i denna rapport så har slutsatsen dragits att ett värmeskåp är relativt välanpassat för återtillverkning. Vidare, baserat på vad i ett värmeskåps konstruktion som försvårar för återtillverkning, har det tagits fram en slutsats med förslag på konstruktionsförändringar. Förändringarna togs fram med avsikt att underlätta återtillverkning av ett värmeskåp.

Klimatkrisen är idag ett faktum och jordens resurser behövs tas till vara på. Ett sätt att minska utnyttjandet av resurser är att återtillverka våra produkter. Återtillverkning är en industriell process där använda produkter samlas in för att renovera och förnya dem för att sedan sälja produkten igen. Genom detta får produkten en längre livslängd då alla delar används och slits till de är helt slut.

För att komma fram till slutsatsen och resultaten har det utförts litteratur- och intervjustudie för att samla teori och information om återtillverkning, olika designmetoder och själva skåpet. Det har även utförts observationer på produkten. Utifrån insamlad information kunde en produktanalys av värmeskåpet genomföras. Till slut gjordes konceptgenerering för att finna konstruktionsförslag där bland annat deras realiserbarhet diskuterades.

Rekommendationer inför framtida arbeten är att utföra en provrengöring på ett använt värmeskåp och införskaffa en bättre insyn i hur slitna förbrukade värmeskåp blir efter användning.

Konstruktionsanalys av ETAC rullstol:

Hejll E. och Hjalmarsson E. (2023) Återtillverkning av rullstolar - Konstruktionsändring för ökad cirkularitet av Etac:s rullstol av modell Cross 6, Linköpings universitet, IEI, Kandidatuppsats, 12 hp, Produktutveckling, LIU-IEI-TEK-G--23/02192—SE.

Sammanfattning av kandidatarbetet:

Syftet med detta kandidatarbete är att undersöka hur en rullstol kan konstrueras för att ingå i en cirkulär produktkedja genom återtillverkning. Arbetet är utfört i form av en fallstudie av det svenska företaget Etac och deras allround-rullstol Cross 6, men även de äldre modellerna Cross och Cross 5 undersöks.

När en rullstol ska återtillverkas behöver konstruktörer veta vilka steg rullstolen ska genomgå i återtillverkningsprocessen. I denna studie har en återtillverkningsprocess anpassad för rullstolar tagits fram, där slutsatsen är att den behöver genomgå samtliga sju

steg av den generiska återtillverkningsprocessen, vilka är inspektion, tvättning, demontering, lagring, bearbetning, montering och testning. Om rullstolar på ett effektivt sätt ska ingå i återtillverkningsprocessen bör de utformas med hjälp av designprinciper som återfinns i Design for Remanufacturing. Det är även relevant att se utanför dess ramar och inkludera andra metodiker som motsvarar de steg som rullstolen genomgår, exempelvis Design for Assembly, Disassembly och Cleaning.

Design for Remanufacturing har använts i en konstruktionsändring av armstödet på en rullstol, där den nya konstruktionen har ett avtagbart gummihölje som helt kan separeras från armstödet i aluminium. Konstruktionsändringen ger armstödet förbättrade återtillverkningsegenskaper då den tidigare konstruktionen inte kan demonteras på ett effektivt sätt.

Återtillverkning är en industriell process där produkter som slitits ut eller passerat sin livslängd samlas in och genomgår processen för att återställas till ursprungskvalitet eller till och med bättre. Det är en form av värdebevarande process som får produkter att ingå i ett cirkulärt flöde i en cirkulär ekonomi och att ta steget från linjär till cirkulär ekonomi är ett sätt att uppnå FN:s globala hållbarhetsmål om hållbar konsumtion och produktion.

En kombination av teoretiska och praktiska metoder har använts genom arbetet för att skapa den kunskap och förståelse som krävs för att komma fram till relevanta resultat och slutsatser. Litteraturstudier, intervjuer och observationer har utförts för att bygga upp teoretisk kunskap om cirkulär omställning, återtillverkning, Design for X, regelverk och standarder. Produktanalyser har givit praktisk förståelse om hur man kan designa för återtillverkning som tillsammans med teorin kunnat användas som grund för att ta fram koncept för en ny konstruktion av rullstolen Cross 6.

5.4 Hållbarhetsberäkningar (AP-5)

En del av företagen även varit intresserade av att ta reda på hur deras återtillverkning eller planerade återtillverkning kommer påverka deras ekonomiska och/eller ekologiska prestanda. En livscykelanalys har utförts på en av ETAC rullstolar. Diskussioner har förts med exempelvis Grundfos om att utföra ekonomiska och ekologiska beräkningar hos deras planerade återtillverkningsverksamhet men inget har ännu påbörjats p.g.a. resursbrister.

Rapporter och publikationer inom AP5:

Livscykelanalys av rullstolarna Cross 6 och RE:VIVE,

John Barkeling, Tobias Bobeck, Alva Domberg, Tilda Johansson (2023)

Sammanfattning projektarbetet:

Denna rapport undersöker klimatpåverkan för rullstolsmodellen Etac Cross 6 och återtillverkning av denna ur ett livscykelperspektiv. Återtillverkningsprocessen för rullstolen kallas Re:vive. Arbetet är genomfört i kursen TKMJ47 Miljösystemanalytiska verktyg vid Linköpings Universitet, och i samarbete med företaget Etac. Syftet med arbetet är att jämföra klimatpåverkan för en konventionell livscykel med återtillverkning, för att klargöra i hur stor utsträckning återtillverkning av rullstolen leder till en minskad klimatpåverkan. Resultatet från rapporten är tänkt att fungera som underlag för Etac för hur återtillverkningsprocessen Re:vive och företagets arbete med livscykelanalyser kan förbättras. Rapporten undersöker också för vilka avstånd det är klimatomänsigt försvarbart att transportera rullstolar för återtillverkning, jämfört med nyproduktion.

Livscykelanalysberäkningar har genomförts i beräkningsverktyget SimaPro, och data har i största möjliga mån inhämtats från Etac. Kompletterande information har inhämtats via litteratursökning. Informationstillgången har i vissa fall varit ofullständig, varvid antaganden har behövt göras. För Re:vive har fyra olika scenarier undersökts. Det som skiljer scenarierna åt är transportavstånd och återtillverkningsgrad. Scenarierna har utformats för att undersöka transporters inverkan på resultatet, och för att återtillverkningsgraden är en parameter med stor osäkerhet. För att stärka resultatets trovärdighet och undersöka inverkan på resultatet från relevanta parametrar, så som osäkerheter vid antaganden, har känslighetsanalyser genomförts på resultatet från livscykelanalysberäkningarna.

Resultatet visar att den konventionella livscykeln tydligt har en större klimatpåverkan än Re:vive. Klimatpåverkan är större i faserna innan användningen än i efterföljande faser. Skillnader i transportsträcka visar sig ha en mycket liten påverkan på resultatet, vilket indikerar att transportsträckan inte är en begränsande faktor för insamlande av rullstolar till återtillverkning. Skillnaden i återtillverkningsgrad visar sig ha en stor skillnad på klimatpåverkan. Detta ger indikationer på att en hög återtillverkningsgrad bör vara en högt prioriterad förbättringsfaktor. De av rullstolens moduler som har störst bidrag till rullstolens totala klimatpåverkan är gavlar och drivhjul. Det största enskilda bidraget till

klimatpåverkan i tillverkningsprocessen är utvinning av aluminium. Den totala påverkan från aluminium i livscykeln reduceras däremot betydligt av en hög återvinningsgrad av materialet. För att i framtiden kunna åstadkomma en mer exakt livscykelanalys krävs mer fallspecifik information om exempelvis energiåtgång in-house och mer insyn i vilka processer som används tidigare i värdekedjan.

En andra undersökning utfördes under projektet på ett företag som återtillverkar olika typer av bildelar, Borg Automotive. Den LCA sammanfattas på följande vis:

Remanufacturing is a value-retaining process that can be adopted to reach a more circular economy. It presents a promising opportunity for improving resource efficiency and enhancing sustainable activities today and in the future. This paper contains environmental assessments of remanufactured automotive parts compared to newly produced parts. The aim is to address the potential of reducing global warming impact as well as improving resource and energy efficiency. The result is used to assess the potential of applying a remanufacturing strategy to reduce environmental load and to determine the variables that are of major importance. Assumptions, methods, and data are consistently applied for all product groups, making it possible to draw conclusions considering specific characteristics of the different automotive parts. The results show that collecting used automotive parts (cores) and remanufacturing them leads to a substantially lower environmental load than when producing new parts. The reuse rate of a core and the energy used in the remanufacturing process are the main environmental hotspots. Reusing larger components primarily affects global warming and energy use, while the type of material is the main aspect regarding abiotic resources. Energy use is a primary contributing factor considering global warming and cumulative energy use. The overall effects due to transports are similar for the two product systems, even though the payload is lower with remanufacturing due to higher share of transports with trucks. Remanufacturing is a value-retaining process that can be adopted to reach a more circular economy. It presents a promising opportunity for improving resource efficiency and enhancing sustainable activities today and in the future. This paper contains environmental assessments of remanufactured automotive parts compared to newly produced parts. The aim is to address the potential of reducing global warming impact as well as improving resource and energy efficiency. The result is used to assess the potential of applying a remanufacturing strategy to reduce environmental load and to determine the variables that are of major importance. Assumptions, methods, and data are consistently applied for all product groups, making it possible to draw conclusions considering specific characteristics of the different automotive parts. The results show that collecting used automotive parts (cores) and remanufacturing them leads to a substantially lower environmental load than when producing new parts. The reuse rate of a core and the energy used in the remanufacturing process are the main environmental hotspots. Reusing larger components primarily affects global warming and energy use, while the type of material is the main aspect regarding abiotic resources. Energy use is a primary contributing factor considering global warming and cumulative energy use. The overall effects due to transports are similar for the two product systems, even though the payload is lower with remanufacturing due to higher share of transports with trucks.

Referens:

Carlson A., Dahlgren S., Meldgaard L. and Sundin E. (2023) Environmental evaluation of remanufactured automotive parts - A consistent assessment of a collection of products, Accepted in the proceedings of Ecodesign-23.

På området ekonomisk hållbarhet finns kopplingar till affärsmodellsutvecklingen (AP-1). För de företag som redan har utvecklat sin återtillverkningsverksamhet handlar det mer om att få sin verksamhet mer effektiv. Toyota Material Handling har inom detta forskningsprojekt därför initierat och genomfört följande examensarbeten:

Arouk, S. och Dang Vu, M. (2023) Improvement and Standardization of Forklift Remanufacturing - Action Research on Toyota Material Handling Sweden forklift remanufacturing, Linköping University, Department of Management and Engineering, Master's thesis, 30 credits, Operations Management, LIU-IEI-TEK-A--23/04707--SE.

Sammanfattning av examensarbetet:

The current production field operates on linear resource flows, characterized by known supply and consistent manufacturing materials. In contrast, a remanufacturing system experiences variable process flows for each produced unit, even though the end product remains the same. The uncertainty surrounding the quality of cores can impact tactical decisions. This variability is influenced by factors such as the quality and condition of the core upon arrival at the facility, leading to uncertainties in cost and production times.

The purpose of this research is to develop a cost estimation method for product recovery decision-making processes and enhance the flow efficiency of remanufacturing processes. To achieve this goal, the study identifies and investigates the factors that affect the condition of the core, represented by processing time. Subsequently, the analysis focuses on processing time and spare parts cost, and introduces a cost estimation method based on historical data. Finally, the current process flow is examined, and suggestions for improvements are provided.

This research employs two distinct approaches: statistical and quantitative analysis, as well as qualitative inquiry that considers the experiences and perceptions of employees and other non-numerical aspects. Therefore, an action research methodology has been used, combining scientific knowledge with existing expertise within an organization to address real organizational problems.

The study develops a new inspection process that combines a prediction model for processing times with a thorough inspection of important parts identified through spare part analysis. Additionally, suggestions are made to improve the flow of the remanufacturing process by prioritizing critical inventory items and introducing a new inspection and cleaning station where necessary spare parts are ordered before the remanufacturing process begins.

Ett uppföljande examensarbete utfördes våren 2024:

Bromée E. och Markholm, M. (2024) Pricing practices for a manufacturing business in a PSS - How manufacturers can utilize pricing practices when offering new and remanufactured products, Linköping University, Department of Management and Engineering (IEI), Master Thesis, 30 Credits, Design and product development – Management, LIU-IEI-TEK-A--24/04929--SE.

Sammanfattning av examensarbetet:

Manufacturing businesses are shifting from solely linear sales of products towards more circular ways of offering products to their customers. This thesis aims to investigate how to utilize pricing practices in a Product Service System (PSS) offering when it includes new, used and remanufactured products.

The forming of such an offering begins with decisions made in the creation of a company's business model, as tools to realise the long-term strategy of the company. In a business model, a company must also decide on how to generate revenue, which calls for another set of decisions regarding what pricing practices to utilize in the offering and how it should help generate revenue. Existing research on how to form an offering and how to price it is mainly focused on products sales, and there is a research gap on how to utilize pricing practices in a PSS where new, used and remanufactured products are offered. A case company is used in this study, namely Toyota Material Handling Sweden AB (TMHSE). They are investigated to outline how manufacturers of material handling equipment are currently utilizing pricing practices in a PSS offering. A case study is conducted, where qualitative data from interviews with employees are combined with an analysis of internal company documents.

Findings of this study reveal that pricing practices are situational and must be adapted to the ongoing changes made in a company's business plan to suit the current and future state of the company. One should be mindful not to only utilize historically successful pricing practices at a company, and analysing how they must change together with the company. This research contributes to the understanding of what pricing practices to utilize when operating in a use-or result-oriented PSS, as well as highlights the complexity of pricing as an ongoing, constant processes within a business and not only a task that can be finished.

6. Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Under vårt REMARKABLE projekt har vi tillsammans med företagen arbetat fram deras planer för återtillverkning med följande resultat hos företagen:

Grundfos har påbörjat sin cirkulära resa med olika produkter. Detta har de gjort genom ett engagemang med involvering av flera olika roller inom organisationen, vilket möjliggör en bra start för nya affärsmodeller och därtill cirkulerade komponentflöden. De fortsätter sin resa genom ett nyligen finansierat forskningsprojekt som heter Back2Back vilket löper under åren 2025 till 2027 där bl.a Linköpings universitet är en partner. I det projektet handlar det om att få till en högre andel produkter som tas tillbaka för återtillverkning och även utveckla nya tekniker för återtillverkning och hur man bör konstruera om produkter för detta ändamål.

ETAC utökar sitt cirkulära tänk och går vidare med att införa återtillverkning av sina produkter, bl.a. de rullstolar som undersökts inom REMARKABLE projektet. De ser också möjligheter till justerad produktdesign för vissa komponenter utifrån exjobbssarbete i projektet. De har även gått in i en utökad forskningsansökan för att utreda dessa möjligheter vidare. I denna ansökan ingår forskare ifrån Linköpings universitet, Tekniska Högskolan i Jönköping och RISE (samma forskare som i REMARKABLE projektet).

SVERO fortsätter även de med sin roadmap mot mer återtillverkning. De har lärt sig mycket under projektet och har fått en bättre förståelse för vad återtillverkning innebär och ser på vilka möjligheter som finns där de kan ingå i ett framtida cirkulärt samhälle med fler återtillverkade produkter. Som ett spinoff projekt till REMARKABLE har Svero och RISE också utforskat sensorer som en faktor för att skapa informationsunderlag som i sin tur möjliggör beslutsunderlag för återtillverkning av specifika produkter.

Elektrotermo undersöker även de vidare hur man kan överkomma de organisatoriska barriärer som finns inom sin bransch för att vara redo för en mer cirkulär framtid där återtillverkade produkter har en större andel idag jämfört med nyttillverkade produkter.

Toyota Material Handling och **UBD Cleantech** kommer fortsätta att ånga på med sina återtillverkningsamheter för att se vilka nya produkter som man kan återtillverka samt hur man gör sina processer än mer effektiva ur ekonomisk och ekologiskt perspektiv.

Generellt nyttiggörande: Varje företag som deltagit har utvecklat sig med avseende på återtillverkning, de har lärt sig av varandra, av projektet och av sina egna tester och försök. De har i olika grad utvecklats mot mer återtillverkning. Utifrån företagets utveckling har de

metoder som använts ihop med företagen i sin tur vidareutvecklats till generella utvecklingsmetoder som kan spridas till fler företag.

7. Publikationslista

Tidskriftsartiklar

Wlazlak, P., Johansen, K. (2025) Development of remanufacturing systems at Original Equipment Remanufacturers, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s12008-025-02314-6>

Kurilova-Palisaitiene J., Matschewsky J. and Sundin, E. (2024). Four Levels of Remanufacturing Maturity as a Circular Manufacturing Indicator: A Theoretical Framework and Practical Assessment Tool. *Resources, Conservation & Recycling* 211, 107899. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107899>

Konferensbidrag

Kurdve M (2025). Remanufacturing as emergency manufacturing option to secure electronics supply in crisis, Presented June 3rd at 2025 EDSI (*European Decision Science Institute*) Annual Conference, Göteborg, June 1-4, 2025

Löfving, M., Wlazlak, P., Johansen, K. (2025) Information management for remanufacturing industrialization, International Conference on Remanufacturing, ICoR, 8-10 April 2025.

Johansen, K., Wlazlak, P. (2025). Remanufacturing in a Circular Value Chain—Information Management Aspects. In: Rickli, J.L. (eds) *Advances in Remanufacturing 2024. IWAR 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92425-5_2

Vogt Duberg J., Sundin E. and Kurilova-Palisaitiene J. (2024) Exploring the incentives for initiating remanufacturing: experiences from eight European original equipment manufacturers, *Procedia CIRP*, Volume 122, 2024, Pages 437-442. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.063>

Wlazlak, P., Johansen, K. (2024). Development of Sustainable Remanufacturing Systems: Literature Review. In: Fera, M., Caterino, M., Macchiaroli, R., Pham, D.T. (eds) *Advances in Remanufacturing. IWAR 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52649-7_1

Carlson, A. Diener, D. Johansen, K. Kurilova-Palisaitiene, J. Nilsson-Lindén, H. Vogt Duberg, J. Wlazlak, P. Sundin, E. (2023). REMAnufactuRing – Key enABLEr to future business (REMARKABLE). 11th International Conference on Life Cycle Management, LCM 2023, 6-8 September 2023, Lille, France.

Carlson A., Dahlgren S., Meldgaard L. and Sundin E. (2023) Environmental evaluation of remanufactured automotive parts - A consistent assessment of a collection of products, Accepted in the proceedings of Ecodesign-23.

Rapporter

Livscykelanalys av rullstolarna Cross 6 och RE:VIVE JOHN BARKELING, TOBIAS BOBECK, ALVA DOMBERG, TILDA JOHANSSON 2023.

Arouk, S. och Dang Vu, M. (2023) Improvement and Standardization of Forklift Remanufacturing - Action Research on Toyota Material Handling Sweden forklift remanufacturing, Linköping University, Department of Management and Engineering, Master's thesis, 30 credits, Operations Management, LIU-IEI-TEK-A--23/04707--SE.

Bromée E. och Markholm, M. (2024) Pricing practices for a manufacturing business in a PSS - How manufacturers can utilize pricing practices when offering new and remanufactured products, Linköping University, Department of Management and Engineering (IEI), Master Thesis, 30 Credits, Design and product development – Management, LIU-IEI-TEK-A--24/04929--SE.

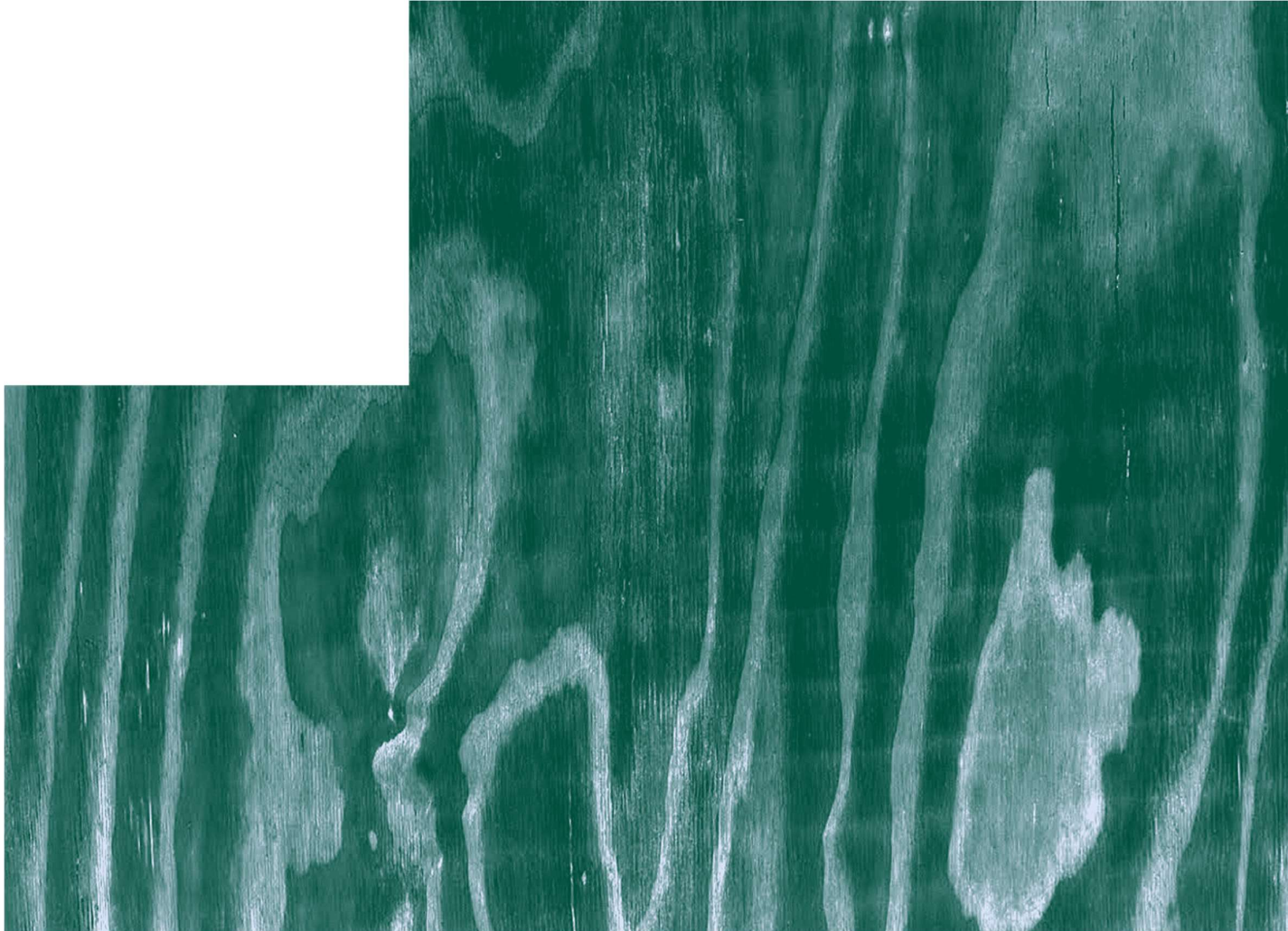
Björnson, K och Alfredsson, S (2022) Produktanalys och framtagande av nytt konstruktionsunderlag för storköksutrustning, ur ett återtillverkningsperspektiv, Linköpings universitet, IEI, Kandidatuppsats, 12 hp, Civilingenjör Design och Produktutveckling, ISRN: LIU-IEI-TEK-G--22/02046—SE.

Hejll E. och Hjalmarsson E. (2023) Återtillverkning av rullstolar - Konstruktionsändring för ökad cirkularitet av Etac:s rullstol av modell Cross 6, Linköpings universitet, IEI, Kandidatuppsats, 12 hp, Produktutveckling, LIU-IEI-TEK-G--23/02192—SE.

8. Projektkommunikation

Forskningsresultaten har publicerats vid konferenser och i vetenskapliga artiklar, se exempel i publikationslistan ovan. Vi har även kommunicerat via LinkedIN, framför allt våra aktiviteter vid de olika fysiska mötena, och då taggat RE:Source på bästa vis.

Vi planerar även att hålla i ett webinarie om REMARKABLE projektet tillsammans med RE:Source samt Swedish Manufacturing Clusters. Till grund för dessa seminarier kommer vi att skriva en populärvetenskaplig version av denna slutrapport för att sprida de goda resultaten till en bredare publik.



RE:Source är ett strategiskt innovationsprogram som fokuserar på att utveckla cirkulära, resurseffektiva materialflöden. Vårt mål är att uppnå en hållbar materialanvändning där vi håller oss inom planetens gränser.