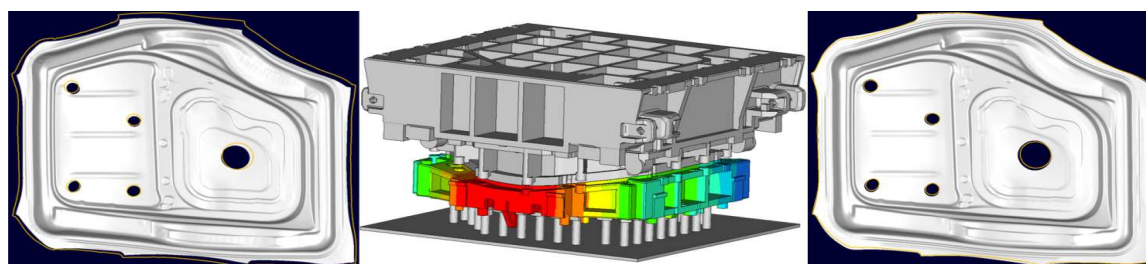


# Kortad ledtid genom avancerade verktygsstrukturer med fokus på plåtformning



Författare: Boel Wadman  
Datum: 2020-12-01  
Projekt inom FFI Hållbar produktion

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>5</b>
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>5</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>6</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>6</b>
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>10</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	10
7.2 Publikationer.....	10
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>11</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>12</b>

## Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi).

# 1 Sammanfattning

Projektet **Kortad ledtid genom avancerade verktygsstrukturer med fokus på plåtformning** med Vinnovas diarienummer 2016-03324 hade målet att korta ledtiden för verktygsframtagning genom att utveckla virtuell verktygsutprovning och effektiv kommunikation i hela värdekedjan.

Projektet har utvecklat mätmetoder för pressdynamik och nya metoder för numerisk modellering som nu gör det möjligt att skapa digitala tvillingar av pressen och verktyget och på så vis virtuellt prova in verktyg för olika pressar. Experiment och modellering samt arbete i värdekedjan har lett till guidelines för hur ledtiden kan kortas och kvaliteten öka framförallt i utprovningssledet av verktygsframtagning för plåtformning.

Eftersom modelleringstiden har gått ifrån dagar till ett fåtal timmar kan scanning och simulering även användas för att ge kontinuerlig support under verktygens livslängd.

Metoderna har redan börjat användas i produkt- och produktionsberedning på Volvo Cars inom processberedning och formningsanalys.

Resultaten kan också på sikt användas till justeringsmekanismer för pressar och verktyg för kompensering mot förändrade produktionsförhållanden över tid.

Leverantörsnätverket har efter processkartläggningar och efterföljande djupintervjuer utvärderat nya kommunikationsmetoder inom värdekedjan, vilka ännu inte har utvärderats i kommersiella projekt.

Fem examensarbeten och en doktorsexamen har slutförts under projektets gång.

Samarbete har skett i hela värdekedjan för verktygsframtagning med tre OEM: Volvo Lastvagnar, Scania och Volvo Cars, det plåtformande leverantörsföretaget Beslag och Metall, två verktygsmakare: Speedtool och OptoComp, ytbehandlingsföretaget Ionbond, mätföretaget Cascade samt press- och verktygstillverkaren AP&T, under ledning av RISE IVF och med Blekinge Tekniska Högskola som akademisk part. I början av projektet ingick även en verktygsmakarutbildning vid Nässjöakademien samt Uddeholm Svenska AB.

## 2 Executive summary in English

The aim of the project was to reduce the lead time for press tools through virtual try-out and increased supplier collaboration. The project's main research issue was to further develop an efficient and reliable link, instead of resource-intensive merging, between sheet metal forming simulation and structural analysis of industrial press tools. The industrial focus was to develop guidelines for shortening the lead time through efficient handling of press and tool deformations.

This was also linked to identifying any shortcomings in communication and working methods that can cause long lead times throughout the process from ordering to start of production.

These methods were used to:

- Streamline tool orders and tool design.
- Reduce the tryout time of press tools.
- Provide better and faster sheet metal forming simulations and preparation work.
- Calculate and compensate for differences in different presses and process variations over time.
- Increase the possibilities for support for ongoing production by developing methods for transferring scanning and measurement results of real tools to calculation models.

The unique research approach in the project is the link between already effective simulation disciplines and industrial tools and presses, in collaboration with a strong supplier network.

The main method in this project is precisely computer simulation and virtual tools of importance in the research area. By developing virtual models for analysis, optimization and compensation of forming surfaces in tools, you will radically reduce the run-in time for each press tool and also provide continuous support during the tool life.

The simulation models can be useful in product and production preparation by adding more tools and opportunities in production and press tool analysis, that today is performed in parallel with product development. A major project goal is virtual geometry and property verification of press articles, which requires knowledge of the deformation of the tools and presses during production. Virtual verification will improve the quality throughout the life cycle of a product.

Methods for scanning, measurements and optimization have also been developed. This will provide reliable and fast support for both tool development, ongoing production and tool maintenance. The measurement methods are important here, as geometries and production conditions can change significantly during the life of a tool.

Since the modeling time has been reduced from days to a few hours thanks to the project results, the methods have already been used in product and production preparation at Volvo Cars in relation to tool analysis.

The results can also be used for adjustment mechanisms for presses and tools for compensation against changing production conditions over time.

Following process surveys and subsequent in-depth interviews, the supplier network has evaluated new communication methods within the value chain, which have not yet been evaluated in commercial projects.

Five MSc degree projects and one doctoral degree have been completed during the project.

Collaboration has taken place in the entire value chain for tool development with three OEMs: Volvo Trucks, Scania and Volvo Cars, the component supplier company Beslag och Metall, two toolmakers: Speedtool and OptoComp, the surface treatment company Ionbond, the measurement company Cascade and the press and tool manufacturer AP&T, with project management by RISE IVF and with Blekinge Institute of Technology as academic part. In the start of the project also a toolmaker training at the Nässjö Academy and Uddeholm Svenska AB participated.

### 3 Bakgrund

Projektet **Kortad ledtid genom avancerade verktygsstrukturer med fokus på plåtformning** med diarienumr 2016-03324 är resultatet av två sammanslagna projektidéer från Volvo Cars och RISE IVF samt företag i Fordonskomponentgruppen, med det gemensamma målet att korta ledtiden genom effektivare kommunikation i värdekedjan och virtuell verktygsutprovning.

### 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektets syfte var att minska ledtiden för pressverktyg genom virtuell inprovning och ökad leverantörssamverkan. Projektets huvudsakliga forskningsfråga var att vidareutveckla en effektiv och tillförlitlig länk, istället för resurskrävande sammanfogning, mellan plåtformningssimulering och strukturanalys av industriella pressverktyg. Industriellt fokus var att utveckla riktlinjer för att korta ledtiden genom effektiv hantering av press- och verktygsdeformationer. Detta kopplades även till att identifiera eventuella brister i kommunikation och arbetssätt som kan orsaka långa ledtider under hela processen från beställning till start av produktion.

Dessa metoder användes för att:

- Effektivisera verktygsbeställningar och konstruktion av verktyg.
- Reducera inprovningstiden av pressverktyg.
- Ge bättre och snabbare plåtformningssimuleringar och beredningsarbete.
- Beräkna och kompensera mot skillnader i olika pressar och processvariationer över tid.
- Öka möjligheterna för support till löpande produktion genom att utveckla metoder för att överföra scanning och mätresultat av verkliga verktyg till beräkningsmodeller.

Det unika med forskningsansatsen i projektet är länken mellan redan effektiva simuleringsdiscipliner samt industriella verktyg och pressar, i samverkan med ett starkt leverantörsnätverk.

Projektets vetenskapliga projektledare har verkat både på Volvo Cars och BTH, där han under projektet har varit industridoktorand. Detta projekt tillsammans med seniora forskare på RISE och Volvo Cars har även inneburit möjligheter att lägga till fem examensarbeten inom både mätmetoder, strukturanalys och modellering.

Huvudverktyget inom detta projekt är just datorstöd och virtuella verktyg vilka bedöms ha en stor roll inom området. Genom att utveckla virtuella modeller för analys, optimering och kompensering av verktyg så kommer man reducera inkörningstiden radikalt för varje pressverktyg och sedan ge kontinuerlig support under verktygens livslängd.

Modellerna kommer att kunna användas i produkt- och produktionsberedning genom att addera fler verktyg och möjligheter inom både processberedning och formningsanalys som idag sker parallellt med produktutveckling. Ett stort mål är virtuell geometri- och egenskapsverifiering av pressartiklar, vilket kräver kunskaper om verktygens och pressarnas deformation under produktion. Virtuell verifiering kommer förbättra kvalitén under hela livscykeln för en produkt.

Metoder för scanning, mätningar och optimering har också behövt utvecklas. Detta kommer möjliggöra att man kan ge god och snabb support till både verktygsframtagning, löpande produktion och verktygsunderhåll. Mätmetoderna är extra viktiga här eftersom geometrier och produktionsförhållanden kan ändras avsevärt under ett verktygs livslängd.

## 5 Mål

De konkreta projektmålen var:

- Att utveckla och testa arbetssätt för leverantörsnätverk som minimerar ledtid och risker vid verktygsframtagning, med speciellt fokus på konstruktions- och utprovningstiderna.
- Effektiva metoder för att länka ihop formnings- och struktursimulering. Dessa inbegriper även utvärdering och eventuellt förslag till nyutveckling av befintliga metamodeller för verktygsdeformation i plåtformningsmjukvaror.
- Tillförlitliga metoder för scanning, mätning och beräkning av deformationer och övriga processparametrar, nödvändiga för produktionssupport och för att förstå skillnaden mellan olika produktionsutrustningar.
- Metoder för support till löpande produktion och verktyg i en varierande processmiljö.
- Vidareutvecklade metoder och riktlinjer för att optimera verktygsstrukturer ur säkerhets-, produktions- och vikhänsyn.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet har utvecklat virtuella modeller för analys, optimering och kompensering av verktyg som är så tidseffektiva att man kan reducera inkörningstiden radikalt för varje pressverktyg.

Eftersom modelleringstiden gått ifrån dagar till ett fåtal timmar kan de digitala tvillingarna av press och verktyg genom scanning och simulering även användas för att ge kontinuerlig support under verktygens livslängd. Modellerna har redan börjat användas i produkt- och produktionsberedning på Volvo Cars inom processberedning och formningsanalys. Resultaten kan också utnyttjas för justeringsmekanismer för pressar och verktyg för kompensering mot förändrade produktionsförhållanden över tid.

Tillförlitliga metoder för scanning och mätning och beräkning av deformationer i olika formningspressar har utvecklats och verifierats.

Dessutom har resultaten samlats i form av guidelines för att snabbt implementera kunskaperna från projektet i projektkonsortiet.

Leverantörsnätverket har efter processkartläggningar och efterföljande djupintervjuer utvärderat nya kommunikationsmetoder inom värdekedjan, men inte kunnat testa och analysera dessa i kommersiella projekt.

Projektet innehöll flera arbetspaket med högt forskningsfokus, och har levererat flera akademiska examina: en doktorsexamen och fem MSc-examensarbeten. Resultatet från projektet har redan använts i MSc-utbildningar på Chalmers och i BTH, och har presenterats på flera nationella och internationella konferenser.

## 6.1 Uppfyllelse av delprogrammets mål

Av målen inom FFI Hållbar produktion är detta projekt starkt inriktat mot områdena **ledtid och kvalitet**.

Ett viktigt mål som uppnåtts är virtuell geometri- och egenskapsverifiering av pressartiklar vilket kommer att förbättra kvalitén under hela livscykeln för en produkt.

Deltagare i projektet har utvecklat praktiska tillämpbara arbetssätt och kunna använda delar av de framtagna resultaten redan under projektets gång. Detta kommer att bidra till målet **Integrerad produkt- och produktionsutveckling i tidiga faser** (inkl. leverantörer) inom ett prioriterat område inom FFI HP:s färdplan för ledtidsminskning: **Verktygsrelaterad produktion**.

## 6.2 Bidrag till de övergripande FFI-målen

För att öka konkurrenskraften inom verktygstillverkning och fordonsindustri har projektet bidragit till följande FFI-mål:

### **Öka forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige inom området plattformningssimulering, strukturanalys och verktygsutveckling.**

Detta har genomförts under ledning av Tekn. Dr Johan Pilthammar, som samverkat både med institut och leverantörsföretag och med studenter och examensarbetare vid BTH. Dessutom har leverantörsnätverkets innovativa företag bidragit med nya idéer inom kommunikationsmetoder vid verktygsframtagning. En tredje del är kompetensutveckling som skett i hela konsortiet samt via MSc-utbildningsdelar.

### **Verka internationellt genom publicering, konferenser och kunskapsutbyten med forskare och företag utomlands.**

Presentationer vid fem internationella konferenser har skett, vid IDDRG, Techtank Conference 2020, Klusterkonferensen 2020 och även vid ett symposium i Kina (Shanghai och Kunming) medarrangerat av Sharon Kao-Walter 2018.

### **Främja samverkan mellan industri, högskolor och institut genom att en del av projektet drivs som doktorandarbete samt examensarbeten**

Ett doktorandarbete ingår och fem examensarbeten har färdigställts.

### **Främja medverkan av underleverantörer och små och medelstora företag**

Tre av företagen i leverantörsnätverket är SMF. Volvo Cars, Volvo Lastvagnar och Scania arbetar med sina underleverantörer i projektet och kommer att sprida resultaten även i kommande utvecklingsprojekt.

### **Främja branschöverskridande samverkan, då fordonsleverantörer, materialtillverkare, och kommunala undervisningsaktörer deltar aktivt. Metoder som tas fram ska även kunna generaliseras, bl. a via utbildningsmaterial, och användas för andra typer av verktyg.**

Kursmaterial till masterskursen "Metal Forming & Joining" vid Chalmers har redan dragit nytta av projektets inledande diskussioner och resultat.

## 6.3 Uppföljning per projektmål

### **Utveckla och testa arbetssätt för leverantörsnätverk som minimerar ledtid och risker vid verktygsframtagning, med speciellt fokus på konstruktions- och utprovningstiderna.**

Arbetet har bedrivits av tre aktiva verktygstillverkare som samarbetat med sina kund- och leverantörsnätverk, och koordinerades av RISE IVF. Processkartläggning, loggböcker och djupintervjuer identifierade förslag på förändrade arbetssätt, och företagen valde ut de som de tror mest på.

Det kritiska värdeflödet i verktygsanskaffningsprocessen från oberoende verktygstillverkare får inte det stöd det förtjänar alla gånger. Konstruktören av komponenten har inte alltid kontakt med konstruktören av verktyget. Konstruktören av verktyget har inte heller kontakt med den som produktionsbereder integrationen av komponenten i fordonet hos OEM.

Förbättringsförslagen hanterade förutom simuleringsrutiner och toleranskedjor även att inkludera Integrationsmöten mellan fler tekniska roller i början av projektet, samt vid uppföljningar efter verktygsleverans. Rutinerna har dock inte testats i kommersiella uppdrag, varför de heller inte införts i nya verktygsstandarder. Detta medför att ett viktigt projektmål inte har uppnåtts. Denna projektdel påverkades negativt av byte av personer i företagen, samt att lämpliga projekt att testa skarpt på inte fanns tillgängliga hos deltagande verktygstillverkare under projektets senare delar.

### **Utveckla en effektiv metod för att länka ihop formnings- och struktursimulering. Inbegriper även utvärdering och eventuellt förslag till nyutveckling av befintliga metamodeller för verktygsdeformation i plåtformningsmjukvaror.**

Detta har utvecklats i Johan Pilthammars doktorsarbete i samarbete med examensarbetena. Arbetet bedrevs med stort engagemang och låg under hela projektet före tidplanen, och disputationen genomfördes inom den förlängda projekttiden. Resultatet har nått de önskade målen. Eftersom modelleringstiden gått ifrån dagar till ett fåtal timmar kan scanning och simulering även användas för att ge kontinuerlig support under verktygens livslängd. Modellerna har redan börjat användas i produkt- och produktionsberedning på Volvo Cars inom processberedning och formningsanalys.

### **Utveckla metoder och/eller riktlinjer för att med hjälp av numeriska verktyg kunna kompensera för negativ inverkan av verktygs- och maskindeformation. Detta är det stora numeriska steget för att kunna reducera inprovningstid.**

Dessa industriella mål är en effekt av Johan Pilthammars genomförda doktorsarbete, tillsammans med RISE IVF:s arbete. Resultaten kan även utnyttjas för att utveckla justeringsmekanismer för pressar och verktyg för kompensering mot förändrade produktionsförhållanden över tid.

### **Utveckla tillförlitliga metoder för skanning, mätning och beräkning av deformationer och övriga processparametrar för produktionssupport och för att förstå skillnaden mellan olika produktionsutrustningar.**

Arbetet har drivits av RISE IVF i samarbete med i första hand Cascade, Volvo Cars, Speedtool, BTH och examensarbetare. Tre olika pressar har mätts upp med de vidareutvecklade mätmetoderna, och resultaten har använts för att uppdatera de



numeriska modellerna som tar hänsyn både till pressens och verktygets deformationer. Arbetet har varit framgångsrikt genom att mätmetoder och numeriska metoder har utvecklats parallellt. Ett EUREKA SMART-projekt, CAMBER, har initierats där delar av resultaten vidareutvecklas till högre TRL-nivå.



Figur: Mätning på press i Olofström, med lastceller på pelare.

**Utveckla metoder för support till löpande produktion och verktyg i en varierande processmiljö samt vidareutveckla metoder och riktlinjer för att optimera verktygsstrukturer ur säkerhets-, produktions- och vikhänsyn.**

Guidelines som delvis adresserar detta mål har tagits fram i projektet.

*Innehållsförteckning i Guidelines pressdynamik:*

- Underhåll pressar
- Pressens inverkan på maskindynamik
- Verktygets inverkan på maskindynamik
- Strategier och metoder för att mäta maskindynamik
  - Kuddens dynamik
  - Pressbordets dynamik
  - Slidens dynamik
- Generella problem och åtgärder
- Att modellera och kompensera pressdynamik
  - Fullskaliga FE-modeller
  - Substitutiva FE-modeller
  - Att kompensera för pressdeformationer

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Projektet har bidragit till MSc-projekt på BTH och MSc-kurser, även på Chalmers. Guidelines från projektet kan delas med fler personer inom deltagande företag.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Två internationella projekt har initierats, ett av dessa pågår.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Minst tre företag har börjat använda delar av projektets resultat i sin utveckling av verktyg.
Introduceras på marknaden	X	Framtagna metoder används redan av Volvo Cars.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Modellerna för virtuell verktygsinprovning har redan börjat användas i produkt- och produktionsberedning på Volvo Cars inom processberedning och formningsanalys.

Intresse har uttryckts från flera företag att använda de mätmetoder av pressdynamik kopplat till simulering, som tagits fram i projektet. RISE IVF och Cascade kommer att erbjuda dessa tjänster, bland annat till medlemmar i det nya Stamping Center of Excellence.

Genom att metoder från projektet även implementeras i EUREKA-projektet CAMBER med spanska parter, kommer delar av resultaten att implementeras internationellt.

Volvo Cars, Scania, Volvo Lastvagnar, BTH och RISE har startat ett nytt FFI-samarbete PREDICT, som är en effekt av tidigare samarbete.

Projektet har presenterat resultat vid flera interna seminarier, men även på konferenser såsom ESAFORM 2017, IDDRG-17 och -18, Seminarium i Shanghai -18, Klusterkonferensen -18, och -20, Masterskursen "Metal Forming and Joining" 2017-2020, samt på BTH: Fem examensarbeten, licentiatseminarium 2017 och doktorsexamen 2020.

### 7.2 Publikationer

Den doktorsavhandling som projektet delfinansierat försvarades framgångsrikt av Johan Pilthammar den 22 september.

*Towards Virtual Tryout and Digital Twins - Enhanced Modeling of Elastic Dies, Sheet Materials, and Friction in Sheet Metal Forming*, Pilthammar, Johan, Blekinge Tekniska Högskola, Fakulteten för teknikvetenskaper, Institutionen för maskinteknik. Volvo Cars. ORCID-id: [0000-0002-6526-976x](https://orcid.org/0000-0002-6526-976x)

Doktorsavhandlingen baseras på följande artiklar:

1. [Friction and lubrication modeling in sheet metal forming simulations of a Volvo XC90 inner door](#)
2. [Introduction of elastic die deformations in sheet metal forming simulations](#)
3. [Framework for Simulation-Driven Design of Stamping Dies Considering Elastic Die and Press Deformations](#)

4. [Characterizing the Elastic Behaviour of a Press Table through Topology Optimization](#)
5. [Simulation of Sheet Metal Forming using Elastic Stamping Dies](#)
6. [A Complete and Rapid Simulation Method for Virtual Try-out of Stamping Dies Considering Elastic Deformations](#)
7. [BBC05 with non-integer exponent and ambiguities in Nakajima yield surface calibration](#)

De examensarbeten som genomförts i projektet är:

2017

**Press Measurements and Virtual Rework of Stamping Dies**

Palsson, Einar  
Hansson, Mårten, BTH

2018

**Industrial Sheet Metal Forming Simulation with Elastic Dies**

Viktor Sjöblom  
Markus Lind, BTH

2019

**Sheet Metal Forming Simulations with Elastic Dies: Emphasis on Computational Cost**

Sara Allesson, BTH

**FE Modeling of Cushion 3D Motion for Sheet Metal Forming Simulation**

Jagdish Jadhav, BTH

2020

**Measuring the contact pressure during sheet metal forming of automotive components**

Andreas Andersson, BTH

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har nått målet att minska ledtiden för plåtformande verktyg. Arbetet har skapat förutsättningar för digitala tvillingar av relevanta delar av pressen och formande verktyg för plåtformning, vilka kan användas för virtuell utprovning av nya verktyg. Dessutom kan man genom att mäta upp pressars dynamik även prediktera effekterna av att flytta verktyg mellan olika pressar, vilket skapar lokal flexibilitet för produktionen. Detta arbete fortsätter i EUREKA SMART-projektet CAMBER.

Det resultat som skapas kan användas redan idag, men mycket återstår för att skapa fungerande digitala tvillingar av en fullständig enskild press. Fortfarande är samspelen mellan material, friktion och strukturdynamik, för att nämna några få parametrar, så pass komplexa att både modeller och metoder att registrera relevant data behöver utvecklas ytterligare. En del av detta hanteras i det nyligen godkända FFI HP-projektet PREDICT, som bland annat behandlar skademekanismer i olika material.

Spårbarhet är också ett forskningsområde som följer på möjligheten att flytta produktionen mellan olika siter. Här samarbetar delar av konsortiet för att skapa ett internationellt projekt kring digitalisering av pressningsoperationerna.

Den del som initierade av verktygsmakarsidan, och som utforskade nya arbetssätt, har inte nått sitt mål, vilket var att inkludera nya arbetssätt i företagens verktygsstandarder. Däremot har kunskap utvecklats. En ökad förståelse har skapats i konsortiet för under vilka förutsättningar verktygsbeställning och framtagning fungerar som mest effektivt, och orsaker till att onödig tid

och resurser används i några av processens delar. Analyserna gav dock inte entydiga svar på hur dessa slöserier kan minskas med nuvarande marknadssituation.

Tidigare projekt som hanterat verktygsledtiden har arbetat främst med konstruktion, material, ytor, tillverkningsmetoder och underhållsstrategier som minskat ledtid och totalkostnaden för plåtformande verktyg. I de mest lyckade fallen utvecklades verktygen i tät kontakt mellan verktygskonstruktör och komponenttillverkare, och även med tidig återkoppling till komponentkonstruktören. Detta samspel fann vi också i det aktuella projektet, men främst i samband med de plåtkomponenter som OEM själva tillverkade.

Under projektet har fordonsbranschen påbörjat sin snabba transformation mot CO<sub>2</sub>-neutral mobilitet, och vi kan bara spekulera i hur verktygsmarknaden kommer att påverkas. Kommande forskningsprojekt som behandlar framtidens resilienta värdekedjor behöver inkludera företag med verktygskompetens för att vara kompletta.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Nyckelpersoner i projektet var:

Boel Wadman, Daniel Wiklund, Peter Ottosson, Jonathan Carlholmer, Martin Olsson och Mikael Ström – **RISE IVF** har agerat projektledare och koordinator, handlett examensarbetare, utfört uppgifter inom geometrimätning, värdeflödesanalys, modellering och simulering, skanning av pressdeformation och verktygsytor, samt kommer att implementera tidigare resultat via aktiv samproduktion med övriga parter.

Johan Pilthammar – Industridoktorand på **Volvo Cars** och **BTH** sedan september 2015. Vetenskaplig projektledare som disputerade under projektet.

Mats Sigvant – Teknisk Expert, Plåtformningssimulering på **Volvo Cars** och Adjungerad Lektor, Maskinteknik på **BTH**. Industriell bihandledare för Johan.

Sharon Kao-Walter – Professor i hållfasthetslära på Institutionen för Maskinteknik på **BTH**. Akademisk handledare för Johan Pilthammar.

Per Nilsson och Anette Nilsson – Manufacturing Technology **Volvo Lastvagnar**. Deltog i projektets genom att analysera modelleringsarbetet och utförda experiment.

Ibrahim Sivic och Marcus Björnsson – Verktygskoordinator och VD **Beslag & Metall i Ekenässjön** deltog i projektet för att utveckla och implementera effektivare arbetsätt i värdekedjan.

Ulf Olson – VD på **OptoComp GV AB**. En av initiativtagarna till projektet med målet att utveckla metoder för att minska ledtiden för sina levererade verktyg.

Martin Bexdal – Marknadschef på **Speedtool** medverkade i projektet genom att föreslå och införa nya arbetsätt för främst större gjutna verktyg upp till 40 ton, samt deltog med ett case inom pressuppmätning.

Anders Uvgård, Staffan Camber Ansvariga för plåtformningsverktyg inköp, Lars Månsson, Jan Rosberg, Verktygsansvariga i produktion Oskarshamn, – **Scania** med intresse av samverkan för att minska ledtiderna i syfte att stärka det lokala leverantörsnätverket.

Börje Larsson och Wilhelm Rutgersson – Utvecklingsansvariga på **Cascade Control AB** bidrog med bl. a experimentella underlag för hur skanning kan användas för att spara ledtid för hela värdekedjan.

Peter Hydén– **Ionbond Sweden AB** har stor kunskap och praktisk erfarenhet kring funktionella verktygsytor, och i projektet bidrog de med att konstruktionsfasen effektiviseras så att tid inte slösas om en ytbeläggning ska utföras.

Lars-Olof Jönsson, Ole Sundqvist, Vedran Kovacevic, Michel Machhammer – Processutveckling vid **AP&T**, deltog i projektet som behövsägare till doktorandprojektet samt med aktiv samverkan kring processkartläggning och pressdynamik.

Andreas Johansson–Sverigechef på **Uddeholm Svenska AB** bidrog i syfte att materialen ska utnyttjas bättre i framtida verktyg. Deltog bara vid första projektmötet.

Martin Sievert – Utbildningskoordinator vid **Nässjöakademin** som drev verktygsmakarutbildning som skulle vara första mottagare av nyutvecklat utbildningsmaterial i projektet. Martin Sivert avslutade sin anställning under projektets löptid.



*Bild 2. Deltagare vid projektmöte på BTH i Karlskrona 2019.*