

## Resultatredovisning Forsknings- och Innovationsprojekt (Fol-projekt)

Projekttitel	Diarienummer	Projektledare Organisation	Halvtids redovisning	Slut redovisning
Robotiserad tillverkning av strukturella kompositer	2015-05082	Marie Jonsson, Swerea SICOMP		X

Detta dokument är en resultatredovisning för Forsknings- och Innovationsprojekt (Fol-projekt) inom strategiskt innovationsprogram för lättvikt (SIP Lättvikt). Syftet är att säkerställa att projektet följer beviljad projektplan.

### Resultatredovisning

1. Hur har projektresultaten utvecklat lättviktslösningen med avseende på:

a. TRL (teknikmognadsgrad, se [www.lighterarena.se](http://www.lighterarena.se) för förklaringar)

I projektet tas en rad utrustningar och tillverkningskoncept fram. TRL redovisas för var och en av dessa enligt nedan.

Som en del i att ta fram en öppen testresurs för strukturella pressformade kompositer har ett verktyg konstruerats och tillverkats. Verktøget är modulärt och kan därför skraddarsys beroende på vilken önskad geometrisk feature som skall utvärderas. Verktøget har testats hos AP&T och anses därmed redan uppnått TRL6. Verktøget tillgängliggörs av AP&T efter projektets slut som en del av en Test och Demo (ToD) för andra som vill validera materialegenskaper för SMC-material.

För att utveckla teknik och metoder för kostnadseffektiv automatiserad hantering av prepreg för högvolymsapplikationer (>10 000 enheter/år) utvecklades en ny automatiserad formmetod som kapar cykeltid genom att kombinera formning och debulkning. Denna har under projektets gång gått från enkla genomförbarhetsstudier till att omsättas i prototyputrustning som sedan validerats genom testkörningar. På så sätt har TRL höjts från 2 till 4. Den framtagna testutrustningen kommer ingå som en del av Compraser Labs Test och Demo-miljö, men metoden kan komma att skyddas av GKN. Testutrustningen kommer fortsätta utvecklas i uppföljningsprojekt.

För att utveckla teknik och metoder för kostnadseffektiv automatiserad hantering av prepreg för lågvolymsapplikationer (100-1000 enheter/år) prövas en ny metod för automatiserad hantering (s.k. pick n' place) och borttagning av skyddspapper på prepreg. Även denna metod har genomgått utvecklingskedjan från genomförbarhetsstudier till framtagning av prototyputrustning som sedan testats och utvärderats. På så sätt har TRL höjts från TRL 2 till TRL 5, dock kommer metoden justeras och utvecklas i uppföljningsprojekt. Den i projektet framtagna prototyputrustningen kommer ingå som en ToD-utrustning på Compraser Labs.

För att utveckla teknik och metoder för kostnadseffektiv, automatiserad hantering av pressformat material kapabel att hantera 5000 – 7000 enheter/år har olika former av hanteringsenheter testats. Detta arbete har varit explorativt där partners har avsett lära sig mer om förutsättningarna för hur en effektiv hantering kan göras. De tester som genomförts har varit på enskilda komponenter som ännu ej integrerats. Därmed har TRL höjts från TRL 2 till TRL 3.

Eftersom hela projektet innehåller så olika inslag av tekniker och metoder är det svårt att ge annat än en grov uppskattning av den övergripande teknikmognadsnivån. Projektet jobbar fokuserat med att utveckla hårdvara och metoder, och testa dessa i skarpa fall.

TRL start: 2

TRL slut: 4-6 beroende på teknik.

b. Viktminskning

Projektet bidrar till viktminskning genom den testplattform som tas fram. Denna ger möjlighet för företag att få bättre data om material och process, vilket i sin tur kan användas för att optimera strukturer. Projektet har indirekt påverkan på viktminskning genom att sänka barriärerna för kompositmaterials breda användning genom att göra tillverkning av kompositprodukter kostnadseffektivare och minska utvecklingstiden (se c. och d. nedan).

c. Utvecklingstid

Den utvecklade testresursen är framtagen i samarbete mellan fordon och flyg för att kunna anpassas till en bredd av material och förutsättningar. Testresursen gör det möjligt för företag att i ett tidigt stadium kunna verifiera material- och processegenskaper för specifika geometriska features, något som sedan kan användas i design och materialval. Testresursen har använts för två geometrier med olika komplexitet för att förstå begränsningar och möjligheter med använd tillverkningsprocess och materialsystem. På en principiell nivå kan resultatet ha minskat utvecklingstiden för en framtida produkt med ca 4 månader och dessutom reducerat den tekniska risken.

d. Tillverkningskostnad

Automatiserad borttagning av skyddspapper på prepreg är en förutsättning för robotiserad tillverkning av högpresterande strukturer av prepregmaterial. Den metod som utvecklas för borttagning är integrerad i processkedjan, och resulterar därför inte i extra aktiviteter som den metod som användes i Triple Use projektet. Hela processen med plockning, borttagning av skyddspapper och läggning som tagits fram visar på potential att reducera 4 manuella celler till en automatiserad cell, vilket sparar mantid och därmed reducerar tillverkningskostnaden.

Den metod som utvecklas för integrerad formning och debulking minskar cykeltiden med 25-40% jämfört med två separata process-steg med debulking följt av formning.

e. Hållbarhetspåverkan i ett livscykelperspektiv

Genom att effektivisera produktutveckling och tillverkning för strukturella fiberkompositprodukter blir de kostnadseffektiva för fler applikationer. Detta ger lättare transportlösningar, vilket troligtvis är gynnsamt ur ett LCA-perspektiv även om det är svårt att säga utan en genomgående LCA-analys.

## 2. Implementering av projektresultaten

En uppdaterad implementeringsplan jämfört med ansökan visas i Tabell 1.

Tabell 1. Implementeringsplan för projektets resultat

Bransch (partner)	Resultat	Implementeringsplan och användning av resultat i kommersiella projekt 2017-2021
Fordon (Volvo)	Kända material- och processegenskaper för pressformat material.	I VCC s framtida plan för lättviktsutveckling finns kolfiberkomposit med som en möjlig väg. Detta kommer att provas under kommande år och implementeras i framtida produkter i låga serier först och högvolum senare.
Flyg (GKN)	Automatiserad formnings- och debulkingprocess. Gripdon och system för hantering av prepreg i högvolumstakt. Kända material- och processegenskaper för pressformat material. Utrustning och gripdon för hantering av prepreg mot högvolum.	Om utvecklingen av den automatiserade hanterings- och debulkingprocessen av prepreg-material lyckas väl kommer en industrialiseringsfas att inledas där målet är att kvalificera processen och införa denna i tillverkning innan 2021.  Om egenskaperna är tillräckligt bra kan de pressformade materialsystemen användas i kommersiella produktutvecklingsprojekt inom 5 år.
System-leverantörer (AP&T)	Utrustning för hantering av pressformat material. Testplattform för pressformat material.	Användning av resultat förväntas ske i framtiden i kommersiella projekt som en del i kompletta produktionslinjer inom 5 år från projektslut. Verktuget är en del av en ToD öppen för användare att verifiera materialegenskaper för pressformat material från projektets slut.
Flyg (SAAB)	Effektiv process för borttagning av skyddspapper på prepreg integrerad mot skärning och hantering Gripdon för hantering av prepreg mot lågvolum.	Ett framgångsrikt projektresultat kommer att ligga till grund för ett investeringsbeslut att införa och industrialisera en liknande robotcell i serieproduktion. SAAB har kontrakt för tillverkning av tänkt produkt till "end-of-life" och projektet stärker möjligheten att ha tillverkningen i Sverige under affärens livslängd. Planerad kvalificering av produktionscell ca 2019 med produktionsstart 2020.
Generellt	Utrustning för hantering av prepreg och pressformat material omsatt i ToD.	Framtagen utrustning ingår i Comprasers Labs flexibla utvecklingsplattform samt i en framtida ToD hos AP&T.

## 3. Effekter av resultaten – tillväxt, export och konkurrenskraft

Kortare produktutvecklingstid och billigare tillverkningskostnad ökar svenska företags konkurrenskraft främst i jämförelse med lågkostnadsländer. De lösningar som tas fram

möjliggör ökad automatisering av tillverkningen av fiberbaserade kompositprodukter vilket utjämnar spelplanen för svenska företag som verkar på en global marknad.

#### 4. Utbildningsmaterial

Erfarenheterna och resultaten från projektet kommer användas i kurser inom produktionsteknik på LiU och inom Lättvikt på KTH där respektive universitet är ansvarigt för detta. Projektet kommer ta en dialog med LIGHTer om hur resultaten kan omsättas i kurser hos LIGHTer, till exempel inom automation. Swerea SICOMP ansvarar för att ta den dialogen med LIGHTer.

#### 5. Branschöverskridande samverkan

Eftersom projektet siktar på hög TRL-nivå och därmed är hårdare knutet till företagens produkter/processer har det branschöverskridande samarbetet skett främst via gemensamma workshoppar (6 st.) men även genom att bygga en gemensam testplattform i arbetspaket 1. För att utbyta information har workshopparna fokuserats på en problemställning (ex tekniklösning, materialvalidering, processutveckling), och sedan har de deltagande företagen presenterat hur de brukar arbeta med dessa problemställningar. Detta har därefter varit input för arbetspaketen att forma sitt fortsatta arbete framåt. De mest påtagliga resultaten har varit tankar på nya gemensamma projekt med större samarbete än tidigare mellan fordon och flyg, men även en ökad förståelse för varandras förutsättningar och arbetssätt.

#### 6. Konkreta tekniska resultat

De konkreta resultaten visas i tabell 2 nedan.

Tabell 2. Konkreta resultat från projektet med kopplat mål och hur resultatet planeras att implementeras.

Resultat i form av demonstratorer (virtuella, fysiska), tekniker, processer, tjänster etc	Konkreta mål, t ex vikt, kostnad, tid etc.	Förväntad implementering i kommersiella produkter
Modulärt verktyg för pressning av testplattor för pressformade material	Reducering av tiden för produktframtagning med uppskattningsvis 4 månader.	Testverktyget kommer användas av företag och organisationer för att validera materialegenskaper och processparametrar.
Modulär utrustning för en automatiserad formnings- och debulkingprocess.	25-40% snabbare processtid för formning av prepreg ger billigare tillverkningskostnad	Utrustningen kommer finnas på Compraser labs som en del av en Test och demoanläggning. Den modulära uppbyggnaden gör att andra produktgeometrier kan testas vid behov och intresse. Ett positivt resultat kommer att valideras och utvecklas m.a.p TRL-nivå av GKN 2018-2020 och kan omsättas i nya produkter 2025.
Gripdon och system för hantering av prepreg i högvolumstakt.	Stöttar en automatisering av idag manuella	Prototyputrustning finns på Compraser labs som en del av en

	tillverkningsprocesser vilket leder till en reducerad tillverkningskostnad.	Test och demoanläggning
Prototypgripdon för hantering av pressformat material.	Stöttar en automatisering av idag manuella tillverkningsprocesser vilket leder till en reducerad tillverkningskostnad.	Utrustningen tas fram av AP&T och kommer användas i en lärprocess om hantering av SMC. Användning av resultat förväntas ske i framtiden i kommersiella projekt som en del i kompletta produktionslinjer.
Utrustning för borttagning av skyddspapper på prepreg integrerad mot skärning och hantering	Stöttar en automatisering av idag manuella tillverkningsprocesser vilket leder till en reducerad tillverkningskostnad.	Framtagen utrustning kommer finnas som en del av en test- och demoplattform på Compraser Labs. Ett positivt resultat kan leda till att metoden omsätts i en framtida automatiserad tillverkning på SAAB Aerostructures inom 5 år vilket stärker SAABs konkurrenskraft i kommande flygprogram.
Gripdon för hantering av prepreg mot lågvoly. m.	Stöttar en automatisering av idag manuella tillverkningsprocesser vilket leder till en reducerad tillverkningskostnad.	Framtagen utrustning kommer finnas som en del av en test- och demoplattform på Compraser Labs.
Utrustning för framdragning av prepregmaterial	Stöttar en automatisering av idag manuella tillverkningsprocesser vilket leder till en reducerad tillverkningskostnad.	Framtagen utrustning kommer finnas som en del av en test- och demoplattform på Compraser Labs.

## 7. Måluppfyllnad

De konkreta resultaten visas i tabell 3 nedan.

Tabell 3. Konkreta resultat från projektet med kopplat mål och hur resultatet planeras att implementeras.

Mål enligt projektplan/ansökan	Måluppfyllelse - halvtid	Måluppfyllelse - slut
Verifiera materialegenskaper och processparametrar för strukturella pressformade kompositers genom att skapa en öppen testresurs som stöd för industrialisering	Ett modulärt testverktyg togs fram och testades med olika material för flyg- och fordonsapplikationer.	Ytterligare materialtester genomfördes i verktyget och resultaten utvärderades och delgavs projektets parter. Verktyget tillgängliggörs av AP&T för andra efter projektets parter efter projektets slut.

<p>Utveckla teknik och metoder för kostnadseffektiv automatiserad hantering av prepreg (förimpregnerad kolfiber) för låg- och högvolymsstillverkning. För lågvolyms gäller 100-1000 enheter/år och &gt; 10 000 enheter/år för högvolyms.</p>	<p>Metod för formning och debulknings togs fram, och omsattes sedan i testutrustning.</p> <p>Metod för automatiserad pick n' place av prepreg togs fram och omsattes i testutrustning. Metoden innebär bland annat ett nytt sätt att ta bort skyddspapper på prepreg.</p>	<p>Formmetoden testades och viss parameterjustering utfördes. Resultaten visar en metod 25-40% snabbare än motsvarande traditionell sekvens för formning och debulknings. Utrustningen ingår i Comprasers Labs Test och Demomiljö.</p> <p>Hanteringsmetoden testades och verifierades samt vidareutvecklades. Utrustningen ingår i Comprasers Labs Test och Demo-miljö.</p>
<p>Utveckla teknik och metoder för kostnadseffektiv, automatiserad hantering av pressformat material kapabel att hantera 5000 – 7000 enheter/år.</p>	<p>Olika greppmetoder testades på SMC. En state-of-the-art kartläggning genomfördes och ett koncept för presslinje togs fram.</p>	<p>AP&amp;T designade ett prototypverktyg. Detta realiserades dock inte fysiskt.</p>
<p>Delge resultaten genom ToDs och inom kurser på LiU (produktionsteknik) och KTH (lättningskonstruktioner). Dessutom ligger resultaten till grund för en LIGHTer-kurs på temat automatiserad tillverkning av kompositer.</p>		<p>Den kunskap som genererats ingår i kurser som ges på KTH och LiU inom materialteknik/ lättningskonstruktion resp. produktionsteknik. Det finns vid projektets slut ingen LIGHTer-kurs helt eller delvis baserad på projektresultaten.</p>
<p>Genomföra 7 workshops och ett slutseminarium</p>	<p>En kickoff samt 5 interna seminarier genomfördes. Ett externt halvtidsseminarium genomfördes på AP&amp;T som fokuserades på resultaten inom pressformat material.</p>	<p>En kickoff samt 6 interna seminarier har genomförts. Två externa resultatseminarium (halvtids- samt slutseminarium) genomfördes där resultaten visades och diskuterades med externa parter.</p>
<p>Examensarbeten, artiklar och rapporter</p>		<p>Ett examensarbete har genomförts inom projektet (Schöllin &amp; Andersson, 2017). Dessutom har delar av arbetet utförts inom en doktorandanställning på LiU där avhandlingen presenterades på våren 2017 (Björnsson, 2017). De 3 interna rapporter som producerats sparas hos Swerea SICOMP som konfidentiella för projektets parter.</p>

## Referenser

Schöllin, M., Andersson, L., 2017, "Development and Simulation of an Automated Production System for Aerospace Components in Carbon Fiber Composites", Linköping University, Department of Management and Engineering, Master thesis 30hp, ISRN-number: LIU-IEI-TEK-A--17/02765—SE

Björnsson, A., 2017, "Automated layup and forming of prepreg laminates". Linköping University, Division of Manufacturing Engineering, Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation no. 1858. ISBN 978-91-7685-510-2