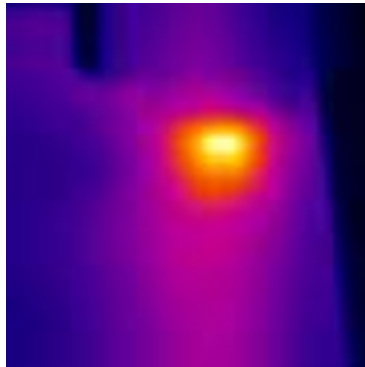


FFI

FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

# Slutrapport FFI -projekt "Peru" Plasmabehandling för effektiv rutlimning" Diarier nr: 2011-03627



Författare Ola Albinsson Swerea IVF /Peter Porsgaard VCC  
Datum 2014-01-31  
Delprogram Hållbar produktion

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Syfte.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Genomförande.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Resultat .....</b>	<b>8</b>
5.1 Bidrag till FFI-mål .....	10
<b>6. Spridning och publicering.....</b>	<b>11</b>
6.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	11
6.2 Publikationer .....	11
<b>7. Slutsatser och fortsatt forskning.....</b>	<b>12</b>
<b>8. Deltagande parter och kontaktpersoner .....</b>	<b>13</b>

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

### Kortfattad projektbeskrivning

Projektet har syftat till att förstå varför atmosfärsplasma skulle kunna fungera som rengöring och aktivering innan limning och möjliggöra en implementering med måttlig kostnad för investering av en process som är generisk för en mängd applikationer. Projektet ska påvisa att införandet av atmosfärsplasma som ny process kan göras utan allvarliga förändringar av befintlig produktionslinje.

Arbetet har indelats i arbetspaket och sammantaget syftar de till att:

- Undersöka hållfasthet och långtidsegenskaper hos plasmabehandlade lack- och limsystem.
- Ta fram processfönster för plasmabehandling av lack och verifiera dessa mot dagens och, om möjligt, nära framtida lack- och limsystem (inklusive tejp).
- Förbereda för implementering av atmosfärsplasma, inklusive miljöbedömning, FMEA och business case.

### Mål med projektarbetet var:

- En tillförlitlig och verifierad process för förbehandling med plasma inför lackering och limning.
- Begränsningar hos plasmametoden på ytor som utsätts för åldring.
- Förslag på produktionsupplägg förberett för implementering av atmosfärsplasma i produktion.

### Förväntade effekter

Huvudeffekter av projektet är att rengöra och ytaktivera inför limning och lackering med en billigare och snabbare och kvalitetsmässigt förbättrad process jämfört med dagens process. De positiva bieffekterna av projektet är minskade diffusa CO<sub>2</sub> utsläpp, mindre kemikalie- och materialåtgång och därmed minskad destruering, samt att möjliggöra användandet av mindre reaktiva lim och förbättrad ergonomi då slitsamma arbetsmoment kan undvikas.

Projektkonsortiet har bestått av de deltagande tillverkande företagen Volvo Cars, Volvo Lastvagnar, Scania, Thule Sweden AB samt Agaria.

Utförande forskningspartners har varit Swerea IVF samt Volvo Technology.

Projektet har delats in i arbetspaketen

### Plasmabehandling för limning och bättringsmålning:

**Kortfattat resultat:** Studie som visat att smuts kan reduceras med plasma. Effekten på smutsreduceringen är beroende på processinställningar. Plasmans effekt varierar med hastighet och avstånd till ytan. Olika lackytor som används i fordonsindustrin studerades samt ett antal vanliga konstruktionsplaster.

Processinställningar som görs är inte bara kopplade till den yta som ska behandlas utan även till häftämnet som ska sättas på ytan. Processinställningarna visar sig således variera utifrån material och häftämne. En förbättrad vidhäftning efter plasmabehandling för ett häftämne behöver alltså inte ge samma goda resultatresultat för ett annat häftämne.

**Plasmabehandlingens långtidseffekt:**

**Kortfattat resultat:** Plasmans effekter på lackskikt studerades och resultatet visade att behandlad lack är känslig för fuktigt klimat. Yt- energin sjunker med tid och höjd relativ fuktighet. Yt-analyser visar att plasmabehandlingen ökar halten av syre i ytan och halten av kol minskar. Detta indikerar att funktionella grupper skapas med plasman och att dessa funktionella grupper bidrar till ökad vidhäftning av lim.

De analysmetoder som visat sig mest användbara för att detektera smuts och yt-modifieringar är XPS och kontaktvinkelmätning. Resultat från dessa metoder visade korrelation.

**Processfönster och guidelines:**

**Kortfattat resultat:** Med hjälp av försöksplanering kunde optimala processinställningar göras utifrån behandlad yta och material. Guidelines rörande behandlingstider av ytor togs fram. Detta bl.a. för undvika överhettning av den plasmabehandlade ytan. Risk finns för skapa en under och överbehandlad yta om inte processinställningar är de rätta vilket kan leda till minskad vidhäftning och hållfasthet av det limmade förbandet.

**Förbereda för implementering av atmosfärsplasma:**

**Kortfattat resultat:** Process-FMEA och Business case påvisade risker och åtgärder för att minimera tiden risker vid ett införande. FMEA har jobbat med en produktionsstation där plasman ingår med limning för framrutor. Bland de identifierade riskerna är engagemang och kunskap om plasmametoden som i dag saknas men med hjälp av projekt resultaten kan ökas. En arbetsmiljöundersökning gjordes för att ta fram underlag för hur ventilation och säkerhetssystem ska kunna utformas. Detta då plasman skapar Ozon och Nitrosgaser.

**Spridning av resultat**

**Kortfattat resultat:** Projektet har deltagit i nationella konferenser/seminarium för att sprida kunskap och möjligheter med plasma som förbehandlingsmetod. Artiklar i tidskriften Verkstäderna samt i Teknik och tillväxt har publicerats.

Projektet har haft Work-shops med projektkonsortiet rörande implementering, provning och analys.

**Projektledning**

**Kortfattat resultat:** Projektet har haft industriell projektledare Peter Porsgaard från VCC. Kontinuerliga kvartalsavstämningar med uppföljning av resultat och ekonomi har hållits.

Projektet lyckades med befintligt projektkonsortium samt med ytterligare kompetenser gå vidare med nya forskningsfrågor som inte inrymdes i detta FFI-projekt. Detta resulterade i godkänt FFI-projekt Fogning av Floatglas. Diarienummer:2013-04691.

## 2. Bakgrund

Atmosfärspasma är en beröringsfri metod som inte kräver någon material- eller kemikalieåtgång. Den ansluts till tryckluft och el och kan enkelt automatiseras. Metoden används inom bilindustrin i Tyskland och England för rengöring (i andra applikationer) men innan Peru-projektets början var atmosfärspasman en ny och okänd metod i svensk fordonsindustri.

Processen rymmer stor flexibilitet då den kan användas både handhållen och robotburen men med tanke på projektets resultat om den stora inverkan som processparametrar har rekommenderas en automationsutrustning för bästa möjliga reproducerbarhet. Behandlingen sker i ”open air” och är berörings- och potentialfri mot substrat. Att föra in atmosfärspasma inom fordonsindustrin och dess underleverantörer i Sverige innebär ett radikalt tekniksprång med en robust yt- och rengöringsprocess som generiskt kan överföras till en mängd andra applikationer för rengöring och yt-aktivering av organiska ytor. Samtidigt möjliggör metoden en förbättrad arbetsmiljö med minskade utsläpp, damm, högre kvalitet och ergonomiskt bättre arbetsmoment.

I dag används atmosfärspasma, dock i väldigt begränsad utsträckning, för att i ett fåtal konsumentprodukter rengöra och aktivera ytor. Processen används också som rengöring på metalliska ytor. Den stora fördelen med atmosfärspasma är att den kan både rengöra och aktivera i samma processteg.

I Sverige är atmosfärspasma en ännu okänd metod hos verkstads- och fordonsindustrin och därmed saknas erfarenheter av dess möjligheter och begränsningar. Atmosfärspasma används av ett fåtal svenska företag som aktivering främst av elektriska produkter.

Plasma är som metod känd och ofta utvärderad, men då gäller det *vakuumplasma* som sker i en plasmakammare där man satsvis behandlar hela detaljer. Det är i detta begränsningarna för vakuumplasma ligger, då det är svårt att styra processen om man endast önskar behandla lokalt. Cykeltiden för vakuumplasma gör att det inte är möjligt att behandla stora detaljer i stora serier. Den traditionella vakuumplasmaprocessen som sker i kammare används för yt-aktivering medan atmosfärspasman både har en rengörande effekt och en yt-aktiveringseffekt.

Ett stort antal fordonskomponenter appliceras i dag med tejp (emblem, dekal, lister m m) föregånget ofta av en osäker rengöring med isopropanol (IPA)-lösningar. Denna typ av monteringsprocesser är frekvent utsatta för kvalitetsstörningar, vanligen beroende på osäkerhet i manuell rengöring med otillräckligt lösningsmedel.

Då det kontinuerligt ställs högre krav på krocksäkerheten hos fordon ökar kraven på alla ingående komponenter. När fordon är utrustade med krockkuddar ställs det krav på att framrutan måste klara de belastningar som uppstår från de expanderande krockkuddarna vid en krock.

För att säkerställa att rutorna sitter kvar vid en krock är det av yttersta vikt att det lim som används i förbandet mellan ruta och kaross verkligen behåller sin vidhäftning. Dagens rutlim är noga utvalda och är anpassade att ha god vidhäftning till den lack som det ska limmas på, t ex ED-lack, eller pulverlack. Därför lägger fordonstillverkaren en PVC-maskering eller maskeringstejp på ytan innan färdiglackering sker med fyllerlack, baslack (kulör) och täcklack (klarlack) eller konventionell täcklack.

Vid reparationslackering är det viktigt att få god vidhäftning mellan bättringsskiktet och

originallacken vilket normalt säkerställs med mekanisk slipning och rengöring. Är det möjligt att ta bort slippningsmomentet skulle flera vinster uppnås så som att mindre smuts genereras, kvaliteten blir mer repeterbar och arbetsmiljön påverkas positivt genom färre ergonomiskt tunga moment.

Slipning och avmaskering är ett arbete som har stor negativ ergonomisk arbetsmiljöpåverkan. Detta med risk för förslitningsskador i axlar och armar. Slipning och avmaskering är ett arbete som inte går att automatisera men som skulle kunna undvikas då atmosfärsplasmans effekter gör att maskeringen blir onödig.

Det är allmänt känt inom fordonsindustrin att olika kulörer på baslacken har olika nivå av vidhäftning, eller kohesiv hållfasthet. Dessutom varierar täcklackens ytenergi med olika additiv för justering av appliceringsegenskaper vilket äventyrar en limning direkt på denna. Önskvärt är att kunna applicera limmet direkt på täcklacken då detta även skulle medföra en tids- och kostnadsreduktion i form av att slippa applicera och ta bort en maskering som endast har syftet att täcka ED-ytan medan lackeringen sker. Ofta förekommer en speciell lösningsmedelsburen lackprimer för att säkra vidhäftningen mellan lim och lackyta om limningen sker på täcklack. Lackprimern är en lösningsmedelsburen kemiskt reaktiv vätska som har en negativ arbetsmiljöpåverkan och ger diffusa CO<sub>2</sub> utsläpp, och vars användning därmed bör begränsas. Atmosfärsplasma har en möjlighet att ombehandlas vid t ex ett produktionsstopp. En primad yta däremot behöver rengöras och slipas innan ”färsk” primer appliceras igen, vilket är både kostnads- och tidskrävande.

Det är ytterligt viktigt med en robust process då en störning över en dagsproduktion leder till höga omkostnader för åtgärd i efterhand.

Scania, Volvo Lastvagnar och Volvo Personvagnar har oberoende av varandra innan Peru-projektets start drivit interna projekt som syftat till att undvika maskering före limning av rutor. De tre företagen har dock hittills inte lyckats förverkliga undvikande av maskering då robusta och tillförlitliga alternativa processer har saknats. Atmosfärsplasma ses av företagen som en metod som kan lösa detta.

Förutom en enklare och billigare process med atmosfärsplasma uppnås en miljövinna då man kan ta bort materialförbrukning av maskeringsmaterialet, motsvarande cirka 0,5 kg per bil. Slipmaterial kan eventuellt reduceras samt en icke miljövänlig lackprimer med diffusa CO<sub>2</sub> utsläpp slopas. IPA-lösningsmedel för rengöring kan också reduceras.

Atmosfärsplasman har utvecklats till små och lätta enheter som kan sättas på robot och därmed skulle en automatisering av processen kunna möjliggöras. Med resultat från Peru-projektet skulle metoden också kunna få en användning i eftermarknadsindustrin vid exempelvis bilglasbyte, applicering av tillbehörslim och reparationslackering. Detta får då till följd att kvaliteten även på detta arbete kan höjas.

Användandet av atmosfärsplasma kan gynna repeterbarheten av lim-, tejp- och lackprocesser, och dessutom minska kostnader för garantier och kvalitetsbrister.

### 3. Syfte

Syftet med Peru-projektet var

- Undersöka hållfasthet och långtidsegenskaper hos plasmabehandlade lack- och limsystem.
- Ta fram processfönster för plasmabehandling av lack och verifiera dessa mot dagens och, om möjligt, nära framtida lack- och limsystem (inklusive tejp).
- Förbereda för implementering av atmosfärsplasma, inklusive miljöbedömning, FMEA och business case.
- Skapa ett nätverk av kompetenser rörande plasma, process och analys.

### 4. Genomförande

Genomförandet av detta FFI-projekt som pågick mellan 1 januari 2012 till 31 december 2013 kan summeras med följande aktiviteter.

#### **Smutsreduktion**

Det första som var tvunget i projektet var att säkerställas att plasman kunde reducera smuts. Två typer av smuts studerades, TEFO-cebum (Konstgjort hudfett) som efterliknar fingeravtryck samt formsläppmedel för plast. Analyser visar att mängden smuts kan reduceras.

#### **Yt-analys**

För att hitta bra analysmetoder för att studera yt-effekter så valdes olika metoder och jämfördes med multivariat dataanalys för att se vilka analysmetoder som korrelerar med varandrar. Yt-energimätning och XPS-mätningar visar en sådan korrelation.

#### **Processparametrar**

Utifrån olika material och ytor togs optimala parametrar fram ur ett yt-energi perspektiv. För att säkerställa minimal spridning av resultat kördes plasman med robot- program. Hastighet och avstånd mellan yta och plasmamunstycke varierades. Två utrustningar med olika effekt studerades.

#### **Yrkeshygieniska mätningar**

Plasman producerar Ozon och Nitrösa gaser som kan vara hälsovådliga. I demonstratorcell gjordes kontrollerade mätningar för att ta fram underlag på hur ventilation ska var utformat. Även här undersöktes två utrustningar med olika effekter.

### Demonstratorcell och implementering

Under projektet infördes en plasma i en produktionscell hos projektdeltagande företag. Denna användes som studieobjekt för att kunna utföra en process-FMEA och underlag för ett Business case för en plasmastation för rutlimning.

### Omvärldsbevakning

Då projektet pågick i två år så gjordes en ny omvärldsbevakning rörande plasmautrustningar i projekts slutskede. Det som framkom jämfört med omvärldsanalysen inför projektstart är att det skett en utveckling av plasmamunstycken.

### Projektstyrning

Projektet har haft kvartalsvisa avstämningar inom projektets ledningsgrupp. På dessa avstämningar har projektekonomi och mål följts upp. Riskbedömning gjordes till dessa avstämningar för att identifiera om något störde projektplaneringen.

## 5. Resultat

Projektet har ökat förståelsen om atmosfärsplasmans rengörande och yt-omvandlande effekter. Plasman kan reducera smuts i form av fingeravtryck och formsläppmedel som annars kan störa vidhäftning av lim.

Projektet har också påvisat långtidseffekterna av plasmabehandlade ytor. Luftfuktighet och klimat påverkar yt-energin negativt.

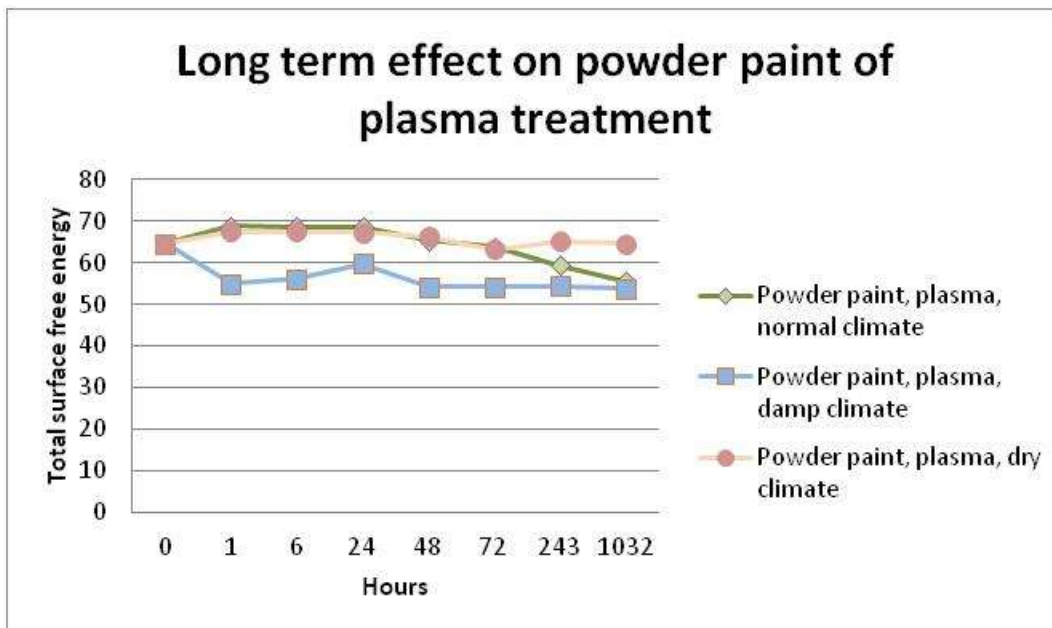


Diagram 1 Förändring av Yt-energi utifrån tid och relativ fuktighet.



Projektet har visat att det finns optimum rörande processparametrar. Plasman kan under- eller överbearbeta ytan med vidhäftningsproblem som följd. Processfönster för plasman kan anses som stabilt område rörande hastighet och avstånd. Detta måste utprovas utifrån varje yta.

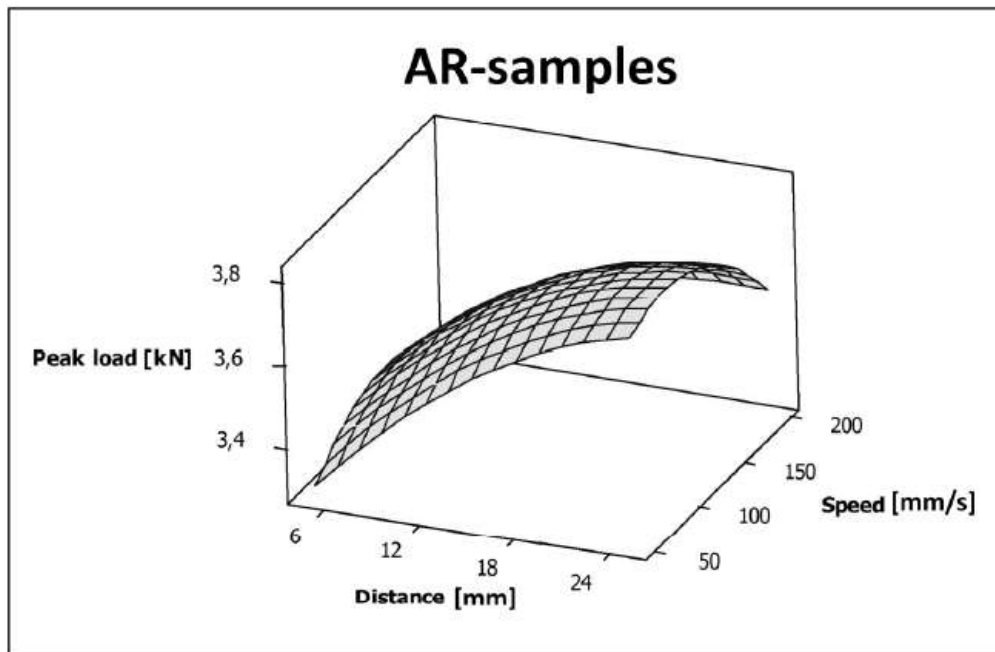


Diagram2. Uppnådd skjuvstyrka utifrån processparametrar avstånd och hastighet.

Projektet har utvärderat yt-analysmetoder som kan beskriva och mäta förändring av ytan orsakad av plasman. Av de metoder som undersöktes visade det sig att XPS kunde påvisa en omformning av ytan där mer syre kommit till efter plasmabehandling samt att kolhalten reducerats. Dessa XPS-mätningar korrelerade till yt-energimätningar där man mäter att det polära bidraget ökade efter plasmabehandling.

Projektet har förberett för implementering då erfarenheter från demonstratorcell hos deltagande institut och tillverkningsföretag legat till grund för implementeringsstudie. I denna studie gjordes Process-FMEA i en tänkt rutlimningsstation samt ett Business case som jämförde dagens produktionsupplägg med en plasma i produktion. FMEA resulterade i ca 130 punkter med risker och förslag på åtgärder.

Då plasman skapar Ozon och Nitroäsa gaser gjordes arbetshygieniska studier på hur stora halter som bildas i en produktionscell. Resultaten visar på vilket avstånd från utrustningen man måste befinna sig för att inte överskrida gränsvärden. I denna studie användes två utrustningar med olika effekt. generellt resultat är att halterna underskrider gränsvärdena ca en meter från produktionscellen. Dessa resultat är viktiga att ha med då

nya produktionsceller projekteras och underlättar för beslut om placering av ventilation och säkerhetsavgränsningar.

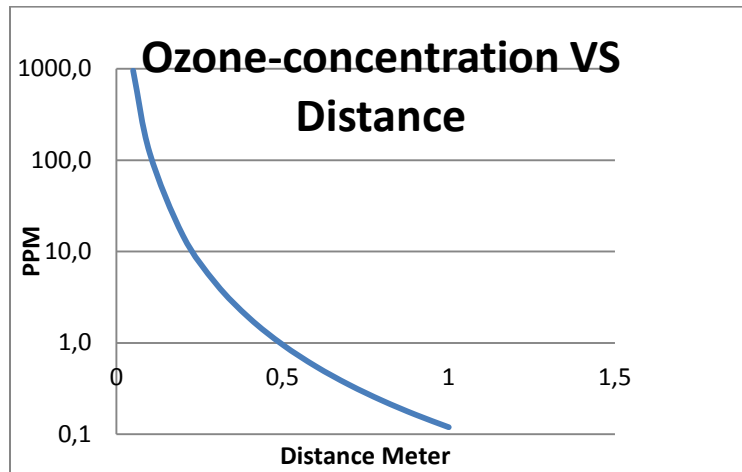


Diagram 3 Ozonkoncentrationen v.s avstånd.

## 5.1 Bidrag till FFI-mål

Nedan beskrivs hur projektet bidrar till ett eller flera av de mål som är relevanta för delprogrammet som Peru- projektet ingått i.

- Peru-projektet har medverkat till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige detta genom att studera nya produktionsmetoder inom plasma för att reducera kostnader i dagens produktion. Kunskapen om en ny process gör att kunskapen att införa plasma ökat inte bara för projektets fokus "Rut-limning" utan till komponenttillverkning hos underleverantörer.
- Projektet har lett till industriell teknik- och kompetensutveckling genom att ha ett brett konsortium som jobbat gemensamt och villigt delat med sig av sina kunskaper och erfarenheter till varandra. Projektet har ökat kunskapen om olika processupplägg, materialkunskaper och analyser av ytor.
- Projektet har stött forsknings- och innovationsmiljöerna mellan Institut och tillverkande företag. Ett resultat av detta är ett godkänt fortsättningsprojekt med en utökad projektgrupp för att täcka in de luckor som identifierats i Peru-projektet.
- Projektet har verka för att ny kunskap togs fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar detta genom att demonstrationsceller byggts upp samt att implementerings förberedelse i form av

Miljöbedömning, FMEA och Business case jobbats fram i projektet.

## 6. Spridning och publicering

### 6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Att effektivt kunna med torr förbehandling lokalt skapa funktionella ytor kommer reducera produktionskostnaden. Dels att slippa använda kemikalier som upptar en stor och kostnadskrävande tillverkningsyta, samt minskad kemikalieanvändning och destruktion.

Plasma har under det senast året blivit mycket uppmärksammat då viljan att förstå metoden och dess möjligheter ökat. Detta ökade intresse kommer sig av att mer nya material är på väg in i tillverkningsindustrin.

Peru- Projektet har deltagit på nationella konferenser för att berätta om projektets resultat och där fått uppmärksamhet och intresse av åhörare.

Peru- Projektet har skapat ett fortsättningsprojekt inom ramen för FFI. "Förband med Floatglas". Diarirnr:2013-04691.

Inför nya EU-callen 2015 planeras aktiviteter där plasma för fogning planeras. Dessa nya projekt samt medvetandet om plasmametoden ökas kommer påskynda införandet av metoden.

### 6.2 Publikationer

I Peru-projektet har det tagits fram tio stycken tekniska rapporter:

**1. Process optimization of plasma treatment on painted and plastic surfaces**

*Författare: Åsa Lundevall, Ola Albinsson and Sofia Wilhelmsson (Swerea IVF)*

**2. Cleaning of organic contamination with plasma treatment and CO2 snow jet.**

*Författare: Åsa Lundevall, Ola Albinsson (Swerea IVF)*

**3. Pre-treatment of automotive clear coat using atmospheric pressure plasma**

*Författare: Sofia Wilhelmsson (Examensarbete Chalmers Tekniska Högskola)*

**4. Plasma treatment on glass**

*Författare: Åsa Lundevall (Swerea IVF)*

**5. Health- and workplace risk assessment**

*Författare: Ragnhild Bruhn, Nils Lindskog (Volvo Global Truck)*

**6. Company specific evaluation**

*Författare: Åsa Lundevall, (Swerea IVF) Jens Peter Jenzen (VCC), Thomas Larsson och Andreas Sjögren( Thule Sweden AB), Dan Jönsson och Patrik Hagel (Scania CV)*

**7. Demonstrator PERU Projekt Plasmabehandling av Trim Panel Corner**

*Författare: Karin Segerdahl (Volvo Global Truck)*

**8. Presentation, XPS analysis**

*Författare: Lars Matsson (Volvo Global Truck)*

**9. Business Case**

*Författare: Åsa Lundevall (Swerea IVF)*

**10. FMEA**

*Författare: Åsa Lundevall (Swerea IVF)*

**7. Slutsatser och fortsatt forskning**

Projektet har påvisat att plasma kan reducera smuts och skapa ytor som är gynnsamma för limning och lackering.

Projektet har påvisat möjligheten att implementera plasma i fordonsindustrin.

Under pågående Peru-projekt uppkom frågor hur plasma kan öka limvidhäftning på glas. Detta resulterade i ett nu beviljat fortsättningsprojekt inom ramen för FFI. "Förband med Floatglas". Diarirnr:2013-04691. I detta projekt har projektgruppen vidgats för att ta in expertis inom glastillverkning och glasforskning samt produktkunskaper hos lim.

## 8. Deltagande parter och kontaktpersoner Aktiva deltagare i projektet.

### **VCC**

Peter Porsgaard, Mikael Sporrang, Jens Peter Jenzen, Louise Sigström, Sofia Willhemsson ( Examensarbetare )

### **VGT**

Karin Segerdahl, Hans Fors, Peter sällström, Lars Enqvist, Ragnhild Bruhn , Nils Lindskog

### **Scania**

Marcus Liljeqvist, Dan Jönsson, Björn Lennartsson, Grethe hallberg, Christer Bodén

### **Agaria**

Jonas Axelsson

### **Thule Sweden AB**

Thomas Larsson, Andreas Sjögren

### **VGT ( Tidigare Volvo TU)**

Lars Matsson Staffan Johansson

### **Swerea IVF**

Ola Albinsson, Åsa Lundevall, Johan Åkerman

### **Chalmers**

Mikael Rigdahl (Examinator)

