

# QSkruv

## - kvalitetssäkrad skruvmontering



Författare: Filip Bergman & Jan Skogsmo

Datum: 2018-04-12

Projekt inom: Hållbar produktion

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energisystem

TRAFIKVERKET

PKG  
off for

SYSTEM

SCANIA

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>4</b>
2.1 Introduction.....	4
2.2 Extended background .....	4
2.3 Work packages within the project .....	6
2.4 Results .....	6
2.5 Conclusions.....	7
2.6 Future work .....	7
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>8</b>
3.1 Skruvförband.....	8
3.2 Friktion.....	8
3.3 Montering .....	9
3.4 Konstruktion & Produktion.....	9
3.5 Kunskap .....	9
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>10</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>10</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>11</b>
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>13</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	13
7.2 Publikationer.....	13
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>14</b>
8.1 Slutsatser .....	14
8.2 Fortsatt arbete .....	14
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>15</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 QSkruv har haft som mål att skapa förbättrade processer för konstruktion, utprovning, verifiering och montering av skruvförband.

Projektet har drivits av SFN (Swedish Fasteners Network) bestående av medlemmar från AB Volvo, Volvo Cars, Scania, Bulten, Atlas Copco samt forskningsinstitutet Swerea.

Skruvförband är, och kommer att fortsätta vara, en nyckelteknik för montering av komponenter inom fordonsindustrin. Värdet av de skruvförband som produceras årligen inom den svenska fordonsindustrin uppskattas till ca 10 miljarder SEK.

Skruvförband kan tyckas vara en mogen teknik men massproduktion av kvalitetssäkrade och kostnadseffektiva skruvförband ställer stora krav på kunskap i alla steg; från produktion av fästelement via konstruktion och utvärdering till slutgiltig verifiering av monterade förband.

Många problem uppstår också genom rena missförstånd och otydlig nomenklatur.

Genom att samarbeta runt ett antal metoder och processer har målsättningen varit att stärka konkurrenskraften för svenska fordonsföretag, ge bättre underlag för optimerade konstruktioner, och en grund för fortsatt utveckling av ytbehandlingar mot ökade miljökrav.

Projektet har även syftat till att förbättra samarbetet med underleverantörer samt till att sprida kunskap och öka kompetensen om skruvförbandsteknik inom Sverige.

Projektet har omfattat tre arbetspaket:

1. Utveckling av provmetoder för mätning av friktion mellan ytor samt för att mäta sättningar, framförallt i lackerade förband.
2. Utveckling av provmetoden för monteringsfriktion, ta fram tydligare monteringsprocesser med gemensam nomenklatur samt utveckling av verifieringsmetoder.  
Ur detta arbetspaket har en vidareutvecklad metod för monteringsfriktion tagits fram samt riktlinjer för val av monterings- och kontrollmetod.  
Utöver detta har en gemensam nomenklaturlista presenterats.
3. Praktisk och pedagogisk hjälp till konstruktörer, montörer och servicepersonal genom att erbjuda beräkningshjälpmedel via ett webbaserat verktyg.  
Inom detta arbetspaket har ett webbaserat verktyg för beräkning av skruvförband tagits fram. Verktyget är avsett för beräkning av mer standardbetonade skruvförband samt för uppföljning även inom produktion. Utöver rena beräkningar ger programmet pedagogiska förklaringar till hur olika parametrar bör väljas.

Den framtagna informationen och metoderna kommer att kunna utnyttjas även inom andra branscher då de läggs in på den öppna hemsidan [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)

De föreslagna standardiseringsmetoderna samt den interaktiva guiden är på engelska då detta är koncernspråk för de medverkande industribolagen.

Inom ramen för projektet har även en internationell konferens anordnats med tema "Knowledge management". Konferensen samlade nära 60 deltagare och var mycket lyckad.

Valda delar av QSkruv-projektet presenterades på konferensen och fick bra gensvar.

Underleverantörer av såväl fästelement som ytbehandlingar välkomnar initiativen till utveckling av gemensamma provningsstandarder.

Samtliga närvarande företag, universitet och organisationer framhöll även att kunskapsspridning och kompetensutveckling inom området skruvförbandsteknik – och att samarbete mellan både företag och underleverantörer såväl som mellan industri och akademi – är en absolut förutsättning för fortsatt utveckling inom området.

## 2 Executive summary in English

### 2.1 Introduction

The project QSkruv has been aimed at creating improved processes for the design, testing, verification and assembly of screw joints.

The project has been run by SFN (Swedish Fasteners Network), consisting of members from Volvo AB, Volvo Cars, Scania, Bulten, Atlas Copco and the research institute Swerea.

Bolted joints are, and will continue to be, a key technology for mounting components in the automotive industry. The value of the bolted joints produced annually in the Swedish automotive industry is estimated at approximately SEK 10 billion. Bolted joints may appear to be a mature technology, but mass production of quality assured and cost effective bolted joints put high demands on knowledge in all stages; from production of fasteners via design and evaluation to final verification of assembled joints.

Many problems also arise through pure misunderstandings and unclear nomenclature.

By working together on a number of methods and processes, the goal has been to strengthen the competitiveness of the Swedish automotive industry, provide better support for optimized design of bolted joints and a foundation for continued development of surface treatments against increased environmental requirements.

The project has also aimed at improving the cooperation with subcontractors as well as spreading knowledge and increasing the expertise of screw joining technology in Sweden.

### 2.2 Extended background

#### Friction

One of the biggest uncertainties in the design and dimensioning of screw joints is today friction. This is a parameter that cannot be calculated but must be obtained by testing.

The friction between the assembled components (interface friction) determines bolt dimension and how many bolts that are needed to provide sufficient clamping force.

For the most common form of assembly (torque controlled assembly) it is the assembly friction, i.e. the friction between the screw and the base, as well as in the threads, which determines what clamping force you will get for a given tightening torque.

With improved test methods, model tests could provide values with better relevance. More parameters could thus be investigated under well controlled forms and provide better estimates and support for optimized joints and improved surface treatments.

When painted/coated parts are included in the bolted joint, several properties are affected:

- The paint can give low interface friction - which increases the clamping force needed for shear loaded joints - which means that more screws must be used.
- The paint can give large variation in assembly friction - which complicates the choice of suitable assembly process. Again, the connections must be oversized
- The paint can contribute to large settlements - which can lead to significant loss of clamping force over time.
- The paint may produce stick-slip during tightening of the joint – this in turn can lead to assembly disturbances and improper clamping force.

### Friction continued

With regard to the assembly friction today's ISO standard only covers component testing of fasteners against clean metal surfaces and does not reflect the actual conditions in production.

More design solutions go against, for example, lightweight alternatives using aluminium components which display significantly different friction properties as compared to clean steel.

Friction is also affected by assembly speeds, which are increasing all the time to reduce assembly time. The speeds normally used in test standards are significantly lower and therefore do not reflect modern assembly processes.

### Assembly

There are several different assembly methods each with its advantages and disadvantages. Today there are no clear instructions and a uniform nomenclature for these. A transition to modern electrical assembly tools, which are more energy-efficient than previous-generation air-powered tools and connected to networks, also offers significantly greater control and monitoring capability. Collecting large amounts of data also allows production control at a significantly higher level than previously possible.

The interfaces between the operator and the assembly tool also vary greatly for different equipment.

There are also a number of methods for verification of already assembled of screw joints, but there is often confusion regarding the terminology.

### Design & Production

On the design and production side, there is a strong demand for interactive tools in support of the respective processes.

When designing a screw joint there is often a need for help with the first rough assumptions in order to get a good starting point. In addition, the design influences the type of assembly needed, which in turn affects the choice of tools and control methods.

At present there are no easy-to-use tools that link the different processes and the project is aiming to fill this gap with interactive design guide lines.

### Knowledge

The Swedish Fasteners Network (SFN) is working to provide information to Swedish engineers regarding bolted joints. The information is publicly available at [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se). This website currently contains "Handboken" that have detailed information regarding bolted joints (Currently only in Swedish).

The outcome of the QSkruv project will be available on this webpage, but this time in English.

## 2.3 Work packages within the project

The project has included the following three work packages:

1. Development of test methods for measuring friction between surfaces as well as for measurements, especially for painted parts.
2. Development of the test method for assembly friction, develop clearer assembly processes with common nomenclature and development of verification methods.
3. Development of a web-based tool to provide practical and pedagogical assistance to designers, manufacturing engineers and assembly service personnel.

The information and methods developed can be used also by other industries as they are posted on the open website [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)

Within the project, an international conference has also been organized with the theme of "Knowledge management". The conference gathered close to 60 participants and was very successful. Selected parts of the QSkruv project were presented at the conference and received a good response. Subcontractors of both fasteners and surface treatments welcome the initiatives to develop common testing standards.

All present companies, universities and organizations also emphasized that knowledge management and skills development in the field of screw joining technology - and cooperation between both companies and subcontractors as well as between industry and academia - are an absolute prerequisite for continued development in the area.

## 2.4 Results

The following test methods have been developed:

- Evaluation of interface friction.  
The method can be used as a general method but is primarily designed for the evaluation of paints and surface treatments.
- Evaluation of assembly friction for fasteners.

The work on developing a method for evaluating the settling properties of paint is still on-going. Once these tests are completed, a proposal for a test method will be posted on the website.

The project has also developed

- A list of commonly accepted nomenclature
- A document to describe the impact of different assembly strategies
- Guidelines for control methods

The above documents are posted on the website ([www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)) under the tab "Dokument".

- An interactive Web-based guide to provide practical and pedagogical assistance to designers, manufacturing engineers and assembly service personnel. The tool is available on the website ([www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)) under the tab "Beräkningshjälpmedel" and can be run from either computer or mobile phone.

In addition, an international conference has been organized with the theme of "Knowledge management". The conference was held in Gothenburg 4-5 October 2017 and attracted about 60 participants. The program is available at [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se) under the tab "Kalender".

During the project, 12 project meetings have been held alternating between the project participants. Presence has been close to 100%. This has resulted in close contact between the expertise in screw joint technology at the Swedish vehicle manufacturers AB Volvo, Volvo Cars and Scania, and with strategic suppliers of fasteners and mounting equipment in the form of Bulten and Atlas Copco as well as research institutes in the form of Swerea.

Participants have also collaborated in the different work packages, which has led to development towards a common competence platform, which is important for ensuring the competitiveness of the Swedish-based automotive industry.

## 2.5 Conclusions

Screw joints will continue to be a key technology for mounting components in the automotive industry. However, mass production of quality-assured and cost-effective bolted joints put great demands on knowledge in all stages of the process.

The SFN network is extremely valuable for cooperation around common bolted joint issues in the Swedish automotive industry. The participating companies are all present on a global market and this type of collaborations are needed to not stand alone in a sharp global competition.

Financing from Vinnova has been crucial to developing our common platform in the form of a website ([www.sfnskriv.se](http://www.sfnskriv.se)) and driving issues at a national level. The contribution from Vinnova has also made it possible to utilize the resources that Swerea offers in everything from computing, testing and providing test material to IT support (website and calculation tools) and help with the conference planning.

The test methods developed in the project will hopefully lead to new Swedish standards. Regardless if we reach so far, the cooperation between the automotive companies and subcontractors has already led to a much better dialogue regarding requirements and test methods.

From the conference it was clear that knowledge management and competence development in the field of screw joint technology - as well as increased cooperation between both companies and subcontractors as well as between industry and academy - is an absolute prerequisite for continued development within this field.

## 2.6 Future work

In addition to continued collaboration around common testing, assembly and verification standards, we can see, among other things, the following areas are important for future work.

- Development of calculation models, in particular for multiple bolt joints and unscrewing phenomena.
- Development of the assembly and verification processes, especially considering that more assembly data can be collected (Big Data)
- Improved cooperation industry – academy.  
Especially regarding training and certification of screw joint technicians.  
Such a development is on-going in Germany.
- Co-operation with manufacturers and suppliers in painting and surface treatment to include friction and setting as important material data and to develop paint systems with improved properties when used in conjunction with screw joints.
- Development of both design processes and assembly methods for increased automation and adaptation to an increasingly digitized production.

## 3 Bakgrund

### 3.1 Skruvförband

Skruvförbandsteknik kommer inom en överskådlig framtid fortsätta att vara en nyckel teknik för montering av komponenter inom fordonsindustrin. Värdet av de skruvförband som produceras årligen inom den svenska fordonsindustrin uppskattas till ca 10 miljarder SEK.

Skruvförband kan tyckas vara en mogen teknik men massproduktion av kvalitetssäkrade och kostnadseffektiva skruvförband ställer stora krav på kunskap i alla steg; från produktion av fästelement via konstruktion och utvärdering till slutgiltig verifiering av monterade förband.

Många problem uppstår också genom rena missförstånd och otydlig nomenklatur.

Genom att samarbeta runt ett antal metoder och processer har målsättningen varit att stärka konkurrenskraften för svenska fordonsföretag, ge bättre underlag för optimerade konstruktioner, och en grund för fortsatt utveckling av ytbehandlingar mot ökade miljökrav.

Projektet har även syftat till att förbättra samarbetet med underleverantörer samt till att sprida kunskap och öka kompetensen om skruvförbandsteknik inom Sverige.

### 3.2 Friktion

En av de största osäkerheterna vid konstruktion och dimensionering av skruvförband är idag friktion. Detta är en parameter som inte låter sig beräknas utan måste tas fram genom provning.

Friktionen mellan de sammanfogade komponenterna (mellanytafriktionen) är för många skruvförband helt avgörande med avseende på vilket antal och dimension skruvarna behöver, och hur de skall monteras, för att ge tillräcklig klämkraft för att förhindra uppglappning.

Vid den vanligaste formen av montering (momentstyrd montering) är monteringsfriktionen, dvs. friktionen mellan skruven och underlaget samt i gängorna, helt avgörande för vilken klämkraft ett visst åtdragningsmoment ger.

Med bättre utvecklade provmetoder skulle man genom modellförsök kunna ta fram tabellvärden med bättre relevans. Fler parametrar skulle därmed kunna undersökas under välkontrollerade former och jämföras med praktiska komponentprov för att i slutändan ge bättre beräkningar och underlag för att optimerade förbanden.

När lackerade delar ingår i skruvförband påverkas både monteringsfriktion och mellanytafriktion men färgen kan även ge betydande klämkraftförluster genom relaxation/sättning.

- Färgen kan ge låg mellanytafriktion - vilket ökar klämkraftbehovet vid skjuvbelastade förband – vilket betyder att fler skruvar måste användas.
- Färgen kan ge stor spridning i monteringsfriktion - vilket försvårar val av lämpligt monteringsmoment. Återigen måste förbanden överdimensioneras
- Färgen kan bidra till stora sättningar - vilket kan leda till att man förlorar klämkraft med tiden.
- Färgen kan ge olika effekter, som s.k. stick-slip under åtdragning av förbandet - vilket kan leda till störningar i monteringen och felaktig klämkraft.

De negativa effekterna av låg mellanytafriktion eller stor sättning orsakad av färg kan delvis kompenseras genom att anpassa konstruktionen. Detta leder dock ofta till kostsamma överdimensioneringar. För lackerade komponenter kan man maskera lokalt för att därigenom undvika färg i förbanden, men även detta är förenat med avsevärda kostnader och onödigt miljöpåverkan genom färgspill.

För att förbättra kravsättningen på färger behövs relevanta och repeterbara testmetoder. Förbättrade/standardiserade provmetoder skulle även underlätta för färgleverantörerna att komponera sina färger så de fungerar bättre för skruvförband.



### **Friktion, forts.**

När det gäller monteringsfriktionen så finns det idag ett flertal olika varianter för utvärdering. Men dagens ISO-standard (ISO 16047) omfattar endast komponentprovning av fästelement mot rena stålytor. Det finns dock ingen klar koppling mellan friktion mot stål och friktion mot andra ytor så testet återspeglar inte de faktiska förhållanden som råder i produktion.

Alltfler konstruktionslösningar går mot exempelvis lättviktsalternativ, t.ex. med användandet av aluminiumkomponenter, vilket dock ger en helt annan friktionsbild och det går inte utifrån friktionsresultatet mot stål att avgöra vad friktionsnivån blir mot aluminium.

Monteringshastigheten påverkar också friktionen och monteringshastigheterna i produktion ökar hela tiden. De hastigheter som normalt används vid standardprovning är betydligt lägre och återspeglar därmed inte moderna monteringsprocesser.

Ytbehandlingar utvecklas kontinuerligt, till stor del p.g.a. miljöskäl. För att inte fördröja nya miljöanpassade metoders införande måste relevant utprovning och verifiering kunna utföras. Ett exempel är utfasning av kromatering ( $Cr^{6+}$ ) för ytbehandlade fästelement. Denna utfasning tog många år och kostade stora summor, delvis p.g.a. bristfällig metodik. Utvecklingen av nya, miljöanpassade, ytbehandlingar samt krav på fogning av nya lättviktsmaterial fortsätter att påverka monteringsfriktionen och kraven på utvärderingsmetoderna.

## **3.3 Montering**

När vi kommer till montering finns det flera olika monteringsmetoder, var och en med sina fördelar och nackdelar. Det saknas idag tydliga anvisningar och en enhetlig nomenklatur för dessa. Gränssnitten mellan människa och monteringsutrustning varierar mycket mellan olika utrustningar. En övergång till moderna elektriska monteringsverktyg uppkopplade mot nätverk, verktyg som dessutom är energisnålare än tidigare generationers luftdrivna dragare, erbjuder också betydligt större möjligheter att styra och övervaka monteringen. Insamling av stora datamängder ger också möjlighet till produktionsstyrning på en betydligt högre nivå än vad som tidigare var möjligt.

För uppföljning och efterkontroll av skruvförband finns också en rad metoder, där även dessa saknar tydliga anvisningar och enhetlig nomenklatur. Val av metod och utförande påverkar resultatet kraftigt och inverkan av friktionen är många gånger avgörande. Utvecklingen av moderna verktyg med kontinuerlig moment- och vinkelavläsning öppnar dock upp för en utveckling även av kontrollmetoderna.

## **3.4 Konstruktion & Produktion**

På konstruktions- och produktionssidan har det framkommit starka önskemål om interaktiva verktyg till stöd för respektive process.

När man konstruerar ett skruvförband behövs ofta hjälp med de första grova antagandena för att få till en bra utgångspunkt. Dessutom påverkar konstruktionen vilken form av montering som behövs, vilket i sin tur påverkar val av verktyg och kontrollmetoder.

I dagsläget saknas lättillgängliga verktyg som länkar ihop de olika processerna och att ta fram detta är en av arbetspunkterna i projektet.

## **3.5 Kunskap**

Bristen på moderna standardiserade provmetoder samt väl-specificerade monterings- och kontrollmetoder leder till osäkerheter i processen att skapa tillförlitliga skruvförband. Detta i sin tur orsakar stora kostnader för både fordonsföretagen och deras underleverantörer. Det gör också att införandet av nya lättviktsmaterial och miljöanpassade ytbehandlingar blir svår samt tids- och kostnadskrävande. Dessa brister hoppas vi att projektresultaten hjälper till att åtgärda.

### **Kunskap, forts.**

Swedish Fasteners Network (SFN) arbetar för att få ut kunskap om skruvförbandsrelaterade frågor till Sveriges ingenjörer. Informationsspridningen sker främst via hemsidan ([www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)) som bl.a. innehåller Handboken i skruvförband. Där finns det ingående information om det mesta som rör skruvförband. På SFNs hemsida finns även Skruvguiden (Guide Lines) samt beräkningsverktyg för sättningsuppskattning och ultraljudsrespons för belastad skruv.

Informationen är framtagen och publicerad efter konsensusbeslut i SFN. Det borgar för att informationen är giltig och adekvat för den svenska fordonsindustrin. Denna informationskälla har projektet byggt ut.

## **4 Syfte, forskningsfrågor och metod**

Syftet med projektet QSkruv var att stärka den svenska fordonsindustrin och dess svenska underleverantörer i en allt mer global konkurrens.

Projektet samlar deltagare från den svenska fordonsindustrin och några av dess största svenska underleverantörer för att tillsammans med Swerea samarbeta för att skapa förbättrade processer för konstruktion, utprovning, verifiering och montering av skruvförband.

Behovet av kunskapsspridning inom området är stort och för att göra resultaten tillgängliga kommer de att ligga publikt åtkomliga på SFNs hemsida [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)

## **5 Mål**

Projektet QSkruv har haft som mål att skapa förbättrade processer för konstruktion, utprovning, verifiering och montering av skruvförband.

Genom att samarbeta runt ett antal metoder och processer var målsättningen att förbättra svenska företags förmåga att hantera viktiga parametrar som direkt och indirekt påverkar kvaliteten hos våra skruvförband. De övergripande målen var:

- Stärkt konkurrenskraft genom effektivare processer, kortare ledtider och höjd kvalitet.
- Bättre underlag för att kunna optimera konstruktioner mot krav på ökad flexibilitet i monteringslinan, minskad vikt genom optimal klämkraft och fogning av olika material.
- Ge verktyg för att fortsätta utveckla ytbehandlingar med ökade miljökrav (ex. utfasning av Cr<sup>6+</sup>, minskning av VOC) då dessa förändringar påverkar kritiska friktionsegenskaper för skruvförband.
- Högre relevans hos efterkontrollen av skruvförband.
- Snabbare och säkrare produktutveckling med interaktiv support.
- Ökat samarbete inom svensk fordonsindustri genom fortsatt utveckling av nätverket SFN.
- Ett bättre samarbete med underleverantörer då gemensamma metoder och processer tydliggör och förenklar både kommunikation och provning.
- Sprida kunskap och öka kompetensen inom skruvförbandsteknik inom Sverige.
- Ett interaktivt konstruktionsstöd på SFNs hemsida ([www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)) som skall öka tillgängligheten och användbarheten av all information som har samlats i detta projekt och som också tagits fram i tidigare projekt OptiFastening I & II. Genom hemsidan, nätverket och en internationell konferens kommer resultaten att få stor spridning och förhoppningsvis också en hög acceptans inom hela den svenska industrin.

En styrgrupp med representanter från medlemsföretagen har utfört en kontinuerlig uppföljning gentemot de aktiviteter som anges för respektive arbetspaket.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Det förväntade resultatet av projektet är ett antal förslag på provmetoder och processer som i förlängningen bör kunna användas som utgångspunkt för gemensam, svensk standard.

Provmetoderna utgör bl.a. basen för kravställning och utveckling/utvärdering av ytbehandlingar samt skall ge indata till beräkningar för skruvförbandsoptimering.

Följande provmetoder har utvecklats/utvärderats:

- Utvärdering av mellanytafriktion.  
Metoden kan användas som generell metod men är framförallt framtagen för utvärdering av lacker och ytbehandlingar.
- Utvärdering av monteringsfriktion för ytbehandlade fästelement.

Ovanstående provmetoder finns på hemsidan, [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se), under fliken "Dokument"

Arbetet med att ta fram en metod för utvärdering av sättningsegenskaper hos färg pågår fortfarande då en sista serie med provmaterial blev försenade. När provningen är slutförd kommer även ett förslag till provmetod för sättningmätning att läggas ut på hemsidan.

Projektet har också tagit fram

- En lista med gemensamt accepterad nomenklatur
- Konsekvenser av olika monteringsstrategier
- Riktlinjer för kontrollmetoder

Ovanstående dokumenten finns på hemsidan, [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se), under fliken "Dokument"

- En interaktiv guide för design, montering och verifiering finns nu på SFNs hemsida under fliken "Beräkningshjälpmedel". Denna guide kan köras från dator eller mobiltelefon.

Utöver detta har en internationell konferens anordnats med temat "Knowledge management". Konferensen hölls i Göteborg 4-5 oktober 2017 och lockade ca 60 deltagare. Programmet finns tillgängligt på [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se) under Kalender.

Under projektets gång har hittills 12 projektmöten hållits, alternerande mellan de olika projektdeltagarna. Närvaron har varit nära 100 %. Detta har medfört en nära kontakt mellan expertisen inom skruvförbandsteknik hos de svenska fordonstillverkarna AB Volvo, Volvo Cars och Scania och hos strategiska leverantörer av fästelement och monteringsutrustning i form av Bulten och Atlas Copco samt hos forskningsinstitut i form av Swerea.

Deltagarna har dessutom samarbetat i de olika arbetspaketen vilket har medfört utveckling mot en gemensam kompetensplattform vilket är viktigt för att säkra konkurrenskraften inom svenskbaserad fordonsindustri.

Den sedan tidigare framtagna (men under QSkruvprojektet reviderade) webbaserade handboken för skruvförband och den nu framtagna interaktiva guiden för konstruktion, beredning och montering av optimerade skruvförband representerar konsensus för svensk fordonsindustri.

Vi räknar med att de kommer att fylla en stor brist och medföra att betydligt bättre konstruktioner kommer att kunna tas fram snabbare och säkrare.

Erfarenheterna kommer också att komma annan tillverkningsindustri till godo genom att informationen finns fritt tillgänglig på nätet och är pedagogiskt upplagd. Guiden är skriven på engelska eftersom fordonsföretagen numera är globala och har fabriker i olika länder. Den kommer sannolikt att få en viss spridning internationellt även utanför de projektdeltagande företagen och bör kunna bidra till kontakter och deltagande i framtida forsknings- och innovationsverksamhet.

Den redan existerande handboken är på svenska då grundidén var att den skulle vara lättillgänglig även för svensk verkstadspersonal med begränsade kunskaper i engelska. Då företagen som ingått i projektet alla har engelska som koncernspråk diskuteras en översättning av handboken till engelska, men den uppgiften var inte inplanerad i QSkruv.

## Övriga kommentarer

Många skruvförband är även säkerhetsklassade vilket innebär att de måste uppfylla höga krav och om de är felaktiga och havererar så kan det innebära allvarliga konsekvenser både för fordonets funktion och för människor i dess närhet. Säkert konstruerade och monterade skruvförband är därför av stor betydelse för att minimera antalet skadade och dödade i trafiken. Resultaten från detta projekt bör starkt bidra till detta.

Undersökningar (Bulten, Tyska VDI) har visat att elektriskt drivna fordon har betydligt fler skruvar än fossildrivna. Då kraven på minimerad vikt och användning av blandade material för att optimera vikten för ökad räckvidd är extra intressant för elfordon är optimerade skruvförband av fortsatt stor och till och med ökande betydelse för framtidens fossilfria fordon.

För skruvförband är friktionen av största betydelse. Dels friktionen mellan de klämda ytorna som bestämmer hur hårt de måste klämmas för att inte glida och dels friktionen mot skruven som bestämmer hur mycket av pålagt moment som resulterar i den önskade klämkraften. I projektet har mycket arbete, både teoretiskt och experimentellt, lagts ner på att ta fram underlag för bättre rutiner och nya standarder för att bestämma mellanytafriktion och monteringsfriktion. Detta har och kommer att fortsätta ha betydelse för ökad forsknings- och innovationsverksamhet inom området. Befintliga standarder bygger på material och kontaktytor som knappast existerar. Behovet av standarder som är relevanta och avspeglar verkligheten är därför stort.

Den konferens som hölls i Göteborg 4-5 oktober, 2017 har visat upp delar av de uppnådda resultaten för nationella och internationella deltagare. Vi anser att resultaten är internationellt gångbara och ger möjlighet till kontakter och samarbeten över gränserna vilket bör gynna forskningsmiljöerna och den internationella konkurrenskraften.

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Handbok i skruvförband och guide för konstruktion och montering finns fritt tillgängliga på nätet
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Friktion är en viktig aspekt inom många områden och delar av den utvecklade tekniken för mätning kan användas även för andra tillämpningar.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Skruvförband kommer att vara fortsatt viktiga och behöver optimeras, vilket den utvecklade tekniken, handboken och guiden bidrar till.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	(X)	Underlag för nya standarder för bestämning av mellanytafriktion och monteringsfriktion Underlag för haveriutredningar

Resultaten från projektet kommer att finnas publikt tillgängliga via SFNs hemsida [www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)

På denna hemsida finns en handbok med information rörande olika aspekter på skruvförband. Handboken har kontinuerligt uppdaterats och börjar finna användare också utanför den fordonstekniska industrin vilket också varit ett av målen. Den interaktiva guiden för konstruktion och produktion av skruvförband finns också tillgänglig på hemsidan.

### 7.2 Publikationer

- E. Persson, A. Roloff, "Ultrasonic tightening control of a screw joint - A comparison of the clamp force accuracy from different tightening methods"; Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, published online December 6<sup>th</sup>, 2015. Issue published September 1<sup>st</sup> 2016, Volume: 230, Issue 15, pages: 2595-2602
- Thomas O. Hermansson, "Quality assured tightening of screw joints"; Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, vol. 230, 15: pp. 2588-2594., First Published September 1, 2015.
- Kvalitetssäkrad skruvmontering – QSkruv; Jan Skogsmo, Filip Bergman, Ytforum, no 7, 2015
- QSkruv – Kvalitetssäkrad skruvmontering; Jan Skogsmo, Teknik & Tillväxt, no 3, 2015
- Så optimeras skruvförband; Jan Skogsmo, Teknik & Tillväxt, no 1, 2017
- Friktionsegenskaper och lack i skruvförband; Jan Skogsmo, Filip Bergman, Ytforum, no 6, 2017

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

### 8.1 Slutsatser

Skruvförband kommer fortsätta att vara en nyckelteknik för montering av komponenter inom fordonsindustrin och ekonomiskt viktiga då värdet av de skruvförband som produceras årligen inom den svenska fordonsindustrin uppskattas till ca 10 miljarder SEK.

Massproduktion av kvalitetssäkrade och kostnadseffektiva skruvförband ställer stora krav på kunskap i alla steg; från produktion av fästelement via konstruktion och utvärdering av skruvförband till slutgiltig verifiering av monterade förband.

Nätverket SFN är oerhört värdefullt för samarbetet runt gemensamma skruvförbandsfrågor inom svensk fordonsindustri. När företagen går mot en allt mer global utveckling behövs samarbeten för att inte stå ensamma i en knivskarp konkurrens.

Finansieringen från Vinnova har varit helt avgörande för att ta fram vår gemensamma plattform i form av en hemsida ([www.sfnskruv.se](http://www.sfnskruv.se)) och driva frågor på en nationell nivå. Bidraget har också gjort det möjligt att utnyttja de resurser som Swerea erbjuder i allt från beräkning, provning och framtagning av provmaterial till IT-stöd (hemsida och beräkningsverktyg) och hjälp med konferensplanering.

De provmetoder som tagits fram i projektet kommer förhoppningsvis att leda till nya svenska standarder. Oavsett om vi når så långt har samarbetet mellan fordonsföretagen och underleverantörerna lett till en mycket bättre dialog angående kravsättning och provmetoder.

Under konferensen framgick också tydligt att kunskapsspridning och kompetensutveckling inom området skruvförbandsteknik – samt ökat samarbete mellan både företag och underleverantörer såväl som mellan industri och akademi – är en absolut förutsättning för fortsatt utveckling inom området.

### 8.2 Fortsatt arbete

Förutom fortsatt samarbete runt gemensamma provnings-, monterings- och verifieringsstandarder kan vi se bl.a. följande områden som viktiga för framtida arbete.

- Utveckling av beräkningsmodeller, i synnerhet för flerskruvförband och uppglappningsfenomen.
- Utveckling av monterings- och verifieringsprocessen, särskilt med tanke på att mer monteringsdata kan samlas in (Big Data)
- Samarbete industri – högskola särskilt gällande utbildning och certifiering av skruvförbandstekniker. En sådan utveckling pågår bl.a. i Tyskland.
- Samarbete med producenter och leverantörer inom lackering och ytbehandling för att inkludera friktion och sättning som viktiga materialdata och för att kunna ta fram lacker som har designade och optimerade egenskaper inom dessa områden.
- Utveckling av både konstruktioner och monteringsmetoder för ökad automatisering och anpassning till en allt mer digitaliserad produktion.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

1	Projektledare Filip Bergman 031-322 33 62	Volvo Powertrain AB <a href="mailto:filip.bergman@volvo.com">filip.bergman@volvo.com</a>
2	Projektkoordinator Jan Skogsmo 031-706 6042, 070-780 6042	Swerea IVF <a href="mailto:Jan.skogsmo@swerea.se">Jan.skogsmo@swerea.se</a>
3	Göran Toth 08-553 855 77, 073-668 8777	Scania CV <a href="mailto:Goran.toth@scania.com">Goran.toth@scania.com</a>
4	Lars Oxelmark 08-553 859 72, 070-290 00 35	Scania CV <a href="mailto:Lars.oxelmark@scania.com">Lars.oxelmark@scania.com</a>
5	Thomas Hermansson 031-325 23 87, 0734-33 71 91	Volvo Car Group <a href="mailto:Thomas.o.hermansson@volvocars.com">Thomas.o.hermansson@volvocars.com</a>
6	Robert Indersons 0220-214 77, 070-569 1357	Bulten AB <a href="mailto:Robert.indersons@bulten.com">Robert.indersons@bulten.com</a>
7	Erik Persson 08-743 94 25, 070-619 94 25	Atlas Copco Industrial Technique AB <a href="mailto:Erik.persson@se.atlascopco.com">Erik.persson@se.atlascopco.com</a>
8	Håkan Thoors 08-440 48 07, 070-781 7241	Swerea KIMAB <a href="mailto:Hakan.thoors@swerea.se">Hakan.thoors@swerea.se</a>



**VOLVO**



**SCANIA**

**swerea**  
SWEDISH PARTNER

**BULTEN**  
A STRONGER SOLUTION

**Atlas Copco**