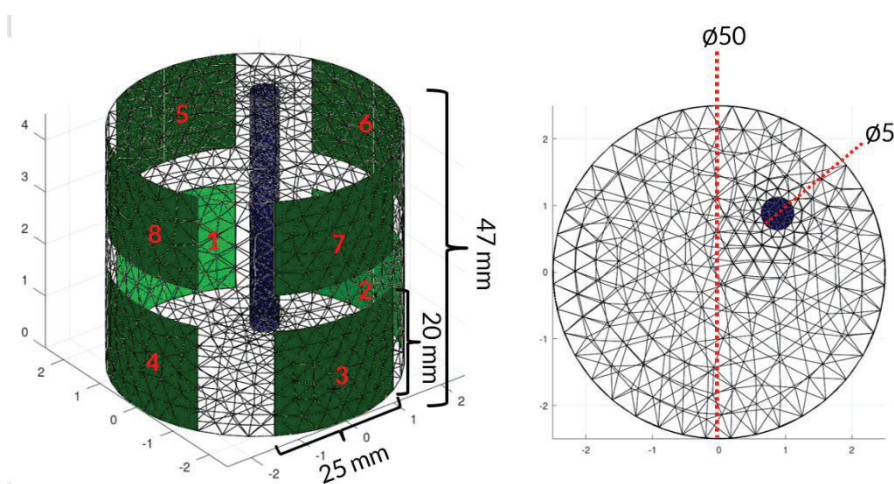


# SaNDT – Oförstörande provning av sandformar

Publik rapport



Författare: Henrik Borgström, Ulf Gotthardsson, Christer Johansson, Vincent Schaller, Andreas Thore, Fredrik Ahrentorp, Christian Jonasson, Mahsa Saeidpour, Raul Carlsson, Sixten Sandström, Emil Dybeck, Erik Andersson, Anna Berglund, Bo Broberg, Anders Vallenfjord, Jorg Engesser, Peter Stridkvist, Andreas Uneryd, Peter Göttfert, Jimmy Wikström, Niclas Raunegger, Joel Bjorkenbeck, Rolf Jonsson, Lars Gustavsson, Frida Enoksson, Mats Fredriksson, Erik Stark, Stefan Ivarsson

Datum: 2022-05-27  
Projekt inom Hållbar produktion - FFI

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>4</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>9</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	9
7.2 Publikationer.....	9
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>9</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>10</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.

Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi).

# 1 Sammanfattning

Syftet med SaNDT är att utveckla en ny oförstörande testmetod för sandformar för att identifiera och eliminera gjutfel på grund av fel i sandformen och dess beläggningsskikt före gjutning. Förutom minskade kostnader och färre fel möjliggör det även tillverkning av fordonskomponenter med snävare toleranser, minskad produktionsrelaterad energi- och materialåtgång, total miljöpåverkan samt vikt. Dessutom bidrar den möjliggjorda viktbesparingen till en minskad energiåtgång och miljöpåverkan vid fordonets användning. Upp till 20% av produktionskostnaderna för deltagande svenska järn- och stål gjuterier beror av efterbehandling för att korrigera gjutfel på grund av fel i sandformen och dess beläggningsskikt (blackskikt). För att angripa problemställningen har SaNDT-projektet koordinerats av enheten komponentgjutning tillsammans med enheterna för sensorer och material samt sensorsystem hos forskningsinstitutet RISE. Övriga parter i projektet har utgjorts av flera järn- och stål gjuterier, vilket har bidragit till en bred kravställning och stora möjligheter till testning och utvärdering av fukt- och täthetsvariationer hos sandformar och kärnor under mycket varierande produktionsförhållanden avseende på sandsystem och processbeting. Volvo och Norrlandsgjuteriet gjuterierna är tillverkare och leverantör av vägfordonskomponenter, Baettr, Valmet och Österby Gjuteri är leverantörer till bl.a. hållbara energiproduktionssystem och sjöfart. Lyrestads gjuteri med deras särskilda flexibilitet och tillgång till mätning på sandformsprototyper, möjliggjorde snabb prototyputveckling och -testning. Sibelco och Beijer industries bidrog med expertis inom gjuteriproduktionssystem och -blackningsteknologi. MLT och KmK mätteknik bidrog med 2D och 3D-precisionsmätning av kärn och formgeometrier samt med täthetsutvärderingar. Projektets agila process med utvärderingsloopar hos olika gjuterier, har genom att utveckla, testa och trimma metodik resulterat i att etablera samt verifiera fukt- och täthetsmetoder för sandprovkroppar, kärnor och till viss del sandformar. I synnerhet har en demonstrator/prototyp för impedans/kapacitansmätning tagits fram och kommer vidare anpassas för härtidsmätning, blackens torkningsgrad för sandformsprovgeometrier med avsikt att implementera tekniken hos gjuterier inom tre (3) år. Vidare har Lasertekniken implementerats hos projektpart för kvalitetskontroll av kärnornas blackskikt. Ytterligare metodutvecklingsförsök gjordes på kapacitans och impedanstomografi, för att utvärdera möjligheten till att simulera samt att i 3D avbilda fuktfördelningen för tillfogade gjutdefekter hos valda provgeometrier. Här är fortsatt fundamental teori- och parameterutveckling nödvändig för att möjliggöra 3D avbildning. Slutligen ser projektgruppen att det kan finnas möjligheter att kommunicera och tillämpa projektets metodik inom BREF, som är under pågående utredning och uppdatering för att användas i utredningar, regelverk, tillståndsärenden samt i politiska beslut. I projektets framtagna metodik inom kapacitansmätning, ultraljud och laser 3D-skanning finns goda förutsättningar att stärka den internationella konkurrenskraften genom att minska produktionskostnaderna.

Projektet pågick i 36 månader, från 1 april 2019 till och med 29 april 2022, och hade en budget på 6.4 miljoner kronor, varav 3.2 miljoner finansierades av offentliga medel från FFI Hållbar produktion hos Vinnova.

## 2 Executive summary in English

The aim of the SaNDT project is to develop a new non-destructive test method for sand molds to identify and eliminate casting defects due to defects in the sand mold and its coating layer before casting. In addition to reduced costs and fewer errors, it also enables the manufacture of vehicle components with tighter tolerances, reduced production-related energy and material consumption, total environmental impact and weight. Additionally, the possible weight saving contributes to a reduced energy consumption and environmental impact during the vehicle's use. Up to 20% of the production costs for participating Swedish iron and steel foundries depend on fettling to and correct casting errors due to errors in the sand mold and its coating layer (black layer). To address these issues, the SaNDT project led by the unit for component casting together with the units for sensors and materials and sensor systems at the research institute RISE. The other parties to the project have consisted of six ferrous foundries and four technical suppliers, which has contributed to a broad set of requirements and great opportunities for testing and evaluation of moisture and density variations of sand molds and cores under different production conditions regarding sand systems and process conditioning. Volvo and Norrlands Gjuteriet are foundries, manufacturers and suppliers of road vehicle components, Baettr, Valmet, Österby Gjuteri are suppliers to, among other things, sustainable energy production systems and shipping. Lyrestad's foundry, with their special flexibility and access to measurement on sand mould prototypes, enabled rapid prototype development and testing. Sibelco and Beijer industries contributed with expertise in foundry production systems and blacking technology. MLT and KmK contributed with 2D and 3D precision measurement of core and shape geometries as well as with density evaluations. The project's agile process with evaluation loops at different foundries, by developing, testing and trimming methodology, has resulted in establishing and verifying moisture and density evaluation methods for sand test bodies, cores and to limited extent sand molds. A demonstrator/prototype for impedance/capacitance measurement has been developed and will be further adapted for curing time measurement, black drying rate for test sample geometries with the intention of implementing the technology at foundries within three (3) years. Furthermore, the laser technology is now implemented at a project partner for quality control of the sand-cores black layer. Moreover, finite element simulations and method development experiments on capacitance and impedance tomography evaluated the possibility of facilitating 3D moisture imaging of added cast defects on selected sample geometries. Here, continued fundamental theory and parameter development is necessary to enable 3D imaging for the intended application. Finally, the project team sees that there may be openings to communicate and apply the project's methodology within BREF, which is under ongoing revision, will be the official guideline for future investigations, regulations, permit matters and in political decisions. In the SaNDT project's developed capacitance measurement, ultrasound and laser 3D scanning methodology, there are solid foundations for strengthening international competitiveness by reducing production costs.

The 36-month project ran, from 1 April 2019 to 29 April 2022, and had a budget of SEK 6.4 million, of which SEK 3.2 million is public funds from FFI Sustainable Production at Vinnova.

### 3 Bakgrund

Pris och prestanda på gjutgods som gjuts i sandformar påverkas av att det inte går att avgöra den inre hållfastheten och fuktfördelningen på en sandform och dess ytskikt före gjutning, utan att förstöra formen. Detta begränsar utvecklingen av konkurrenskraft för dessa gjutna komponenter och för produkter med ingående komponenter inom fordon och energiproduktionssystem, genom ökad kassation. Kostnaderna i termer av intern och extern konsekvens av uppkomna gjutfel varierar, mellan 10% och 30% <sup>1</sup> av produktionskostnaden för sandgjutet gjutgods hos svenska järn- och stålgiuterier. En stor del av kostnaderna härrör från efterbearbetning för att avlägsna gjutfel som har uppstått på grund av begränsad täthetsfördelning (packningsgrad) eller fukthalt inuti sanden, eller av fel i tjocklek eller fukthalt i det ytskikt som stryks på formens ytor för att förhindra att metallsmältan blandas med sanden (s.k. blackskikt). Efterbehandling inkluderar avlägsnande av fastbränd formsand, slipning och rensning av godset etc.. Sandformarnas och kärnornas täthet samt blackskiktets beskaffenhet påverkar gjutgodsets kvalitet efter gjutning, vilket svarar för omkring en femtedel av efterbehandlingskostnaderna. Här är sandformarnas packningsgrad på horisontella och vertikala ytor samt kärnornas täthet kritisk. Blackskiktets beskaffenhet påverkas kritiskt av blackens tjocklek samt av sandformens och kärnornas fukthalt innan applicering. Med stora täthetsvariationer i sanden ökar risken för att det mekaniska trycket från smältan skall orsaka inbuktningar i sandformens yta och därigenom leda till geometriska avvikelser i gjutgodset; liknande risk finns även vid ett ojämnt och för tunt blackskikt. Ett tunt blackskikt innebär dessutom att metallsmältan lättare tränger in mellan sandkornen, vilket resulterar i en porös gjutgodsytta täckt med fastbränd sand. Sandblandad metall leder också till stora kostnader för bearbetningsverktyg, eftersom sanden sliter hårt på de olika metallslip- och -skärverktyg som används i efterbearbetningen. För mycket fukt i sandformen ger dessutom upphov till gaser då den heta smältan värmer upp formen, vilket också kan förstöra formen och leda till gjutfel. Vidare finns risk för arbetsmiljöproblem i potentiellt vita fingrar för operatörerna i efterbehandlingen, som många gånger, helt manuellt, måste rensa godset med vibrerande verktyg.

### 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

SaNDT har utförts i samarbete mellan svenska giuterier, deras leverantörer och RISE, i syfte att undersöka olika mätmetoder för oförstörande provning av formar och kärnor. Kapacitans-, ultraljudsmätning och laser 3D-skanning är de metoder som utvärderas i projektet. De metoderna är etablerade men har ännu inte omsatts i giuteriindustrin i kvalitetssäkring av sandformar och kärnor. Med en snabb oförstörande provningsmetod baserad på dessa samband kan giuterierna med den färdiga provningsmetoden utföra kontrollmätningar under sandpackningsarbetet och under arbetet med att lägga på och under torkning av blackmedel. Därmed kan gjutformsproduktionen styras i realtid, så att gjutfel på grund av fel inuti och på ytan av formarna samt behovet av kostsam efterbehandling kan elimineras. Forskningsfrågor är hur utformningen av instrumenten skall ske för att fungera i giuterimiljö med dess specifika kravställningar och hur vi fångar in och analyserar data för att bygga deduktiva modeller som kan bistå i styrning av produktionen.

I anslutning till projektet testade vi också att använda röntgentomografi (3D CT)) på provgeometrier med störningar vid Innovatum i Trollhättan. Även om denna metod inte var fokus under projektet så visar det ändå på en tomografimetod, som ger en hög upplösning av sandprovgeometriernas 3D avbildning. Emedan krävs det att provet behöver befinna sig inne i en röntgensäker mätkammare.

<sup>1</sup> <https://metallkompetens.se/handbok/gjuterihandboken/>

## 5 Mål

Fordonstillverkare utmanas att minska vägtransporternas miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv, genom att konkret minska materialspill och energianvändning i gjuteriindustrin genom att minska behovet av efterbearbetning och omgjutning. Denna gärning har omsatts i SaNDT projektmål att ta fram en ny oförstörande provningsmetod för fukt- och täthetsfördelning av sandgjutformar för järn- och stål gjutning baserad på elektrisk tomografi, 3D-scanning och dataanalys. För att anpassa detta mot gjuteriernas miljö var det nödvändigt att ta med ultraljudsmätning av täthetsfördelning i formar samt att ta fram en kapacitansmetod för att mäta fukt och packningsgrad. Genom KmK Instrument AB deltagande i projektet SaNDT kunde det fastslås att ultraljudsinstrument kunde användas för att mäta täthetsfördelning samt hitta olika slags defekter i sandgjutformar och därmed utgöra ett möjligt komplement till fuktmätningar med elektrisk kapacitans. I kapacitansmätning, ultraljud och laser 3D-skanning finns goda förutsättningar att stärka den internationella konkurrenskraften genom att minska produktionskostnaderna

## 6 Resultat och måluppfyllelse

SaNDT bidrar till FFI-programmets övergripande mål genom att minska vägtransporternas miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Minskat materialspill och energianvändning i gjuteriindustrin fås med lägre grad av efterbearbetning och omgjutning. Vidare stärks den internationella konkurrenskraften genom att möjliggöra högre prestanda hos gjutgods, genom säkrare kvalitetskontroll för sandformar och kärnor under produktionen. Detta genom att oförstörande mäta sandformarnas härdförlopp samt mäta fukthalten inför applicering av den kritiska blackbeläggningen på sandformarna. Projektet bidrar även till att öka forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige och därmed säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och arbetstillfällen genom att förbereda digitalisering ett industriellt steg som ännu inte tillåter genomgripande digitalisering. Projektet bidrar till FFI-programmets mål genom att indirekt; minska vägtransporternas miljöpåverkan genom att möjliggöra snävare marginaler och därmed lättare vikt hos gjutgods i fordon. Ytterligare minskat antalet skadade och dödade i trafiken möjliggörs genom bättre styrning av gjutkvaliteten samt med högre samstämmighet mellan konstruktion och prestanda hos gjutna komponenter.

Totalt har ca 1000 datafiler genererats vid ovanstående gjuterier med olika mätuppställningar och materialval i sandformarna samt sandprovsgemetrier. Det finns alltså ett stort antal mätningar med olika blackbeläggningar, sandsystem (råsand, furan och cement), härdningsgrad, fukt samt densitetsfördelningar i sandformar (olika ramnings/packningsgrad).



### Resultat i utdrag:

#### Impedans- och kapacitansmätningar av sandformar

- Råsand
  - Med elektroder i direkt elektrisk kontakt med råsand kan fukttinnehållet i sanden mätas in med hög noggrannhet.
  - Elektriskt isolerade elektroder eller pga mätcellens elektriskt isolerande verkan, ger också en bra detektion av fukttinnehåll i sanden men responsen mäts vid ett specifikt fukttinnehåll, eftersom elektrodernas/mätcellens kapacitans bidrar till den uppmätta kapacitansen i råsand. Det vanligast förekommande sandsystemet inom fordonsindustrin är råsand, vars fukthalt oftast understiger 5%
- Mättrigg i labb
  - En mättrigg för sandformsprover konstruerades och testades med olika sandformstyper och blandningar. Hård- och mjukvara togs fram.
  - Proverna påverkades av fukten i labbet och detta kunde uppmätas mycket noggrant via kapacitans-mätningarna av proverna.
  - Prover med olika sandtyper och blandningar uppvisade två olika frekvensbeteende och kunde klassificeras.
- Finita element (FE) analyser
  - En FE-modell av sandform och intilliggande elektroder togs fram där kapacitansen kunde bestämmas med olika scenarier (dielektricitet i sandform, olika störningar, etc) samt olika geometrier och positioner av elektroder mot sandform. Resultatet stämde överens bra med de kapacitiva mätningarna (bla. med multielektrodmätningar).
  - Modellen kan bla. användas för att optimera elektroder i förhållande till sandformens utseende och egenskaper.
- Multielektroder
  - Sandformsprover med olika störningar i sanden (hål eller cylinder) tillsammans med referensprov utan störningar tillverkades.
  - Elektroder monterades symmetriskt runt proverna och impedansen och kapacitansen uppmättes mellan de olika elektroderna.
  - Resultatet från dessa mätningar användes senare i tomografianalysen.
- Mätningar vid gjuterier
  - En standardoperationsprocedur (SOP) togs fram som beskriver handhavandet och mätningar med LCR-meter (för impedans- och kapacitansmätningar). Elektroder togs fram för olika sandformsgeometrier.
  - 3D skrivna icke-plana elektroder användes vid mätning i labb och analysen visade på samma resultat som för plana elektroder. Dessa elektroder föreslås att användas i ett framtida projekt för mätningar på sandformar med specifika geometrier vid gjuterier.
  - LCR-meter skickades till följande gjuterier i projektet; Lyrestads gjuteri, Volvo, Baettr, Valmet och Norrlandsgjuteriet.
  - Mätningarna utfördes av gjuterierna och RISE var med via Teams vid uppstart och som support under mätningarna. Analys av mätresultatet utfördes av RISE och respektive gjuteri.
  - Från mätningarna vid gjuterierna har resultat tagits fram som visar på att med impedans- och kapacitansmätningar och efterföljande analys kan vi utföra nedanstående mätningar av sandformar.
    - i. Uppmätning av härdningsprocessen, t ex tiden för sandformen att härdat klart. Olika typ av kemiska blandningar testades med olika härdtider som kunde uppmätas.
    - ii. Blackningsskikt eller inte på sandformarna gav olika impedans och kapacitansvärden samt en bra korrelation mellan mätresultat och med olika mängder blackningsskikt applicerat på sandformen.
    - iii. Densitet av sandformar (olika grad av ramning av sandformar) kunde mätas in och resultatet visade på högre impedans och kapacitansvärden för högre densitet.
    - iv. Tillsatt fuktmängd (vatten) till sandformar kunde mätas in. Det gick att följa processen hur vattnet förflyttas i sandformen.
- Tomografi av sandformar
  - Tomografisimulering för uppmätta impedans- och kapacitansvärden
    - Från multielektrodmätningarna erhöles en impedansmatris för respektive prov med olika störningar samt referensprovet. Impedansmatrisen användes med

- o olika mjukvaror som iterativt tar fram en tomografi 3D-bild där kontrasten kommer från impedansen i respektive pixel.
    - o Resultatet var lovande men för att få en bättre överensstämmelse måste fler elektroder användas, ha bättre kontroll på referensmaterial samt använda störningar där dielektriciteten skiljer sig mer i förhållande till sand, t ex om störningen var fylld med vatten.
  - I projektet besöktes också Innovatum i Trollhättan där en nyligen installerad CT skanner (röntgentomografi) testades. I detta system använde vi sandformar med olika störningar. Då kontrasten bestämdes från de ingående materialdensiteterna samt genom att ett större antal bilder togs fram vid rotation av proverna, kunde en tomografi erhållas på proverna med en bra upplösning av en tillfogad defekt i sandformarna.
- 3D LASER skanning
  - Vid 3D-skanning är absoluta måttoleranser lätta att utvärdera. Även specifika toleranser som används inom fordons gods kan med lätthet utvärderas. Däremot var det svårare att avgöra om form-och lägestoleranserna uppnåddes. För ett optimalt resultat krävs goda förberedelser som innefattar noggrann planering beträffande upplägg, kompetenskänedom om programvaran och 3D-skanningen.
  - Metoden påverkar tjockleken på blackskiktet som har stor betydelse för hur hög viskositet som blackningen är i behov av. Ett högt Baume tal ger en stabilare konsistens.
  - Under 3D-scanning bör ytorna vara låg reflekterande eftersom mätinstrumentet har svårigheter att ta upp den ytan. Detsamma gäller om geometrin är svårtillgänglig för lasern att registrera vilket den kan bli om linjerna korsar varandra. Det kan innefatta digitala justeringar, vilket minskar noggrannhet. Ändringar kan genomföras men då måste operatören vara noggrann med att veta hur det ska genomföras på ett korrekt sätt. Annars finns en stor risk att det blir fel. För att erhålla en god mätbarhet måste alla delar, i alla led, vara noggrant uppmätta och uppsatta med väl valda referenspunkter samt genomtänkta jämförelser mellan planen.
  - Vid jämförelse med CT10 toleranserna (+/- 1 mm) erhålls resultatet inom de godkända måttoleranserna. För att uppnå toleransintervallet för form- och lägestoleranserna är det däremot svårare och det krävs att operatören har högre kompetens beträffande uppläggning samt programvaran. Toleranserna inom fordons gods som är +/- 0,1mm i jämförelse med blackskikt på 0.2 - 0.4 mm är ett resultat som är väl acceptabelt.
  - Kompetensnivån har en avgörande roll beroende på hur specifik noggrannhet kan erhållas. Under projektets genomförande erhöles en hundradels noggrannhet med hjälp av programvaran. Inom detta område är det mer än tillräckligt. Något svårare hade det varit att veta om noggrannheten hade varit tillräcklig om den uppmättes i tiondelar. Med denna information konstateras att 3D-scanning som mätmetod erhåller en mycket god motsäkerhet.
- ULTRALJUD
  - Resultatet från mätningar på sandformar hos Österby Gjuteri AB i Österbybruk, Baettr Guldsmedshyttan AB i Guldsmedshyttan, Lyrestads Gjuteri AB i Lyrestad samt Volvo Group Trucks Operations Powertrain Production i Skövde visar att det går att identifiera inkonsekvenser av densiteten (tätheten) i gjutsanden.
  - Resultatet från testerna kan användas som en snabb kontroll av sandgjutformarnas kvalitet för att tidigt i processen upptäcka eventuella avvikelser i gjutsanden, och viss skillnad i blackjocklek.
  - Varje gjuteri har sitt eget recept på formsand och sandsystem för att passa den egna tillverkningen. Det är rekommenderat att utföra kompletterande tester hos de gjuterier som väljer att använda denna metod och skapa en anpassad rutin för hur mätningen skall genomföras. Utförandet av testet är förhållandevis enkel att utföra för en operatör, då resultatet visas direkt i displayen.



## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Specifik kunskap har sprits inom projektgruppen. Generell kunskap kring projektets metoder har till viss del spridits och kommer spridas i utbildningar och vid kontakter utanför projektkonsortiet
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Kunskaper och erfarenheter kring projektets metoder kommer att omsättas till nya projektansökningar kring OFP kvalitetssäkring av gjutformar och kärnor (även kärnskjutna)
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Demonstrator för impedans- och kapacitansmätning har tagits fram och kommer anpassas för härdtidmätning, blackens torkningsgrad för S1 och S2 provgeometrier.
Introduceras på marknaden	X	Lasertekniken har implementerats hos projektpart för kvalitetskontroll av kärnornas blackskikt
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		Möjligen finns öppningar att kommunicera och tillämpa projektets metodik inom BREF

### 7.2 Publikationer

Efter projektavslut planeras två vetenskapliga publikationer samt en artikel i en branschtidning.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet är ett viktigt steg mot skapandet av en digital tvilling som fångar in alla aspekter av gjutprocessen och som därigenom ger förutsättningar för total produktionsstyrning, vilket kommer att innebära mindre behov av kassation och materialåtervinning, liksom starkare och lättare gjutna komponenter och således säkrare och mindre energikrävande fordon. Denna utveckling är dessutom nödvändig för att på längre sikt kunna stå sig i den internationella konkurrensen och säkra svenska arbetstillfällen.

På liknande sätt som de använda plana elektroderna skulle det vara möjligt att 3D-printa fram en exakt elektrodyta för en specifik sandformsyta och då kunna göra en impedans- och kapacitansmätning på sandformar som inte är S1 eller S2 standardiserade sandformar. I projektet testade vi krökta 3D-skrivna elektroder i labbet på standardiserade sandformar (S1) med gott resultat. Att 3D-skriva krökta elektroder och mäta hos gjuterier på verkliga sandformar är planerat i ett framtida projekt.

Det instrument som vi använt i projektet för impedans- och kapacitansmätningar är ett kommersiellt mätsystem. Mjukvaran vi använt för att styra mätningen och samla in data är ett Labview-program som vi tagit fram själva. I ett framtida projekt ämnar vi att använda ett impedans- och kapacitansmätsystem (hård- och mjukvara) som kan skraddarsys för mätningar vid gjuterier på verkliga sandformar. Det skraddarsydda mätsystemet kommer vara betydligt mindre i storlek samt att vi kommer att minska ned mättiden för varje mätdatapunkt.

I projektet testades röntgentomografi 3D- CT på olika sandformsprov med störningar. Även om denna metod inte var fokus under projektet så visade resultatet att det är en tomografimetod som ger en hög upplösning av sandprovgeometriernas 3D avbildning. I ett framtida projekt skulle vi fortsätta med denna CT-skanningsanalys med flera olika typer av sandformar.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

**BAETTR**

**Baettr**

Sixten Sandström, Emil Dybeck,  
Erik Andersson, Anna Berglund

**BEIJERS**

EN DEL AV BEJERTECH

**Beijer Industri**

Bo Broberg

**Km instrument ab**

**Kmk-Instrument**

Anders Vallenfjord, Jorg Engesser



*Lyrestads Gjuteri AB*

**Lyrestads Gjuteri AB**

Peter Stridkvist

**MLT**

**MLT mätteknik**

Andreas Uneryd



**Norrlandsgjuteriet AB**

Peter Göttfert, Jimmy Wikström



**Sibelco Nordic**

Niclas Raunegger



**Valmet**

Joel Björkenbeck, Rolf Jonsson



**Volvo GTT**

Lars Gustavsson, Frida Enoksson



**Osterby gjuteri**

Mats Fredriksson, Erik Stark, Stefan Ivarsson

**RI  
SE**

**RISE**

Henrik Borgström, Mahsa Saeidpour, Ulf  
Gotthardsson, Christer Johansson, Vincent  
Schaller, Fredrik Ahrentorp, Christian  
Jonasson, Andreas Thore, Raul Carlsson