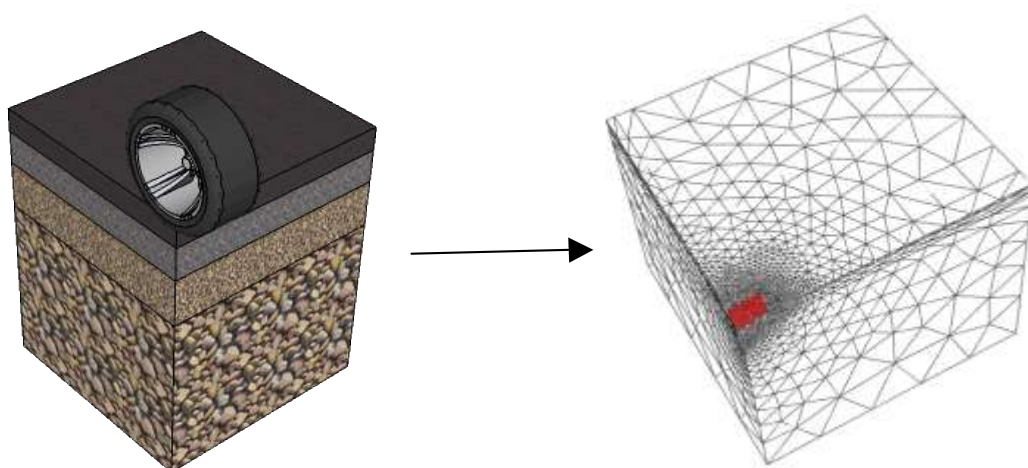


# SISTERS

Publik rapport



Författare: **Sebastiaan Meijer**  
Datum: **2018-04-10**  
Projekt inom **FIFFI**

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

**VIRNOVA**

Energisystem

TRAFIKVERKET

FMG

SCANOVA

SCANOVA

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

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

SISTERS (som står för System-level Impact Study of Transportation on Electrified Roads in Sweden) var ett projekt inom ramen för FIFFI, som syftade på en systemisk analys av elvägar inom den Svenska förhållande. Projektet är relaterad till det pågående EU projekt FABRIC. Projektet resulterade i anpassningar till FABRIC LCA-systemen för ERS, som har gjorts tillgängliga för andra intressenter. Simuleringarna och laboratorieexperimenten för att integrera ERS-teknik i vägar leder till slutsatsen att bindemedel mellan främmande föremål och asfaltbeläggningen är kritiska, men det noggranna urvalet med den nuvarande tillgängliga bindemedelstekniken kan övervinna de flesta problem. Det deltagande tillvägagångssättet baserat på data mining har varit särskilt användbart för potentiell serviceutveckling med fleet management data.

## 2 Executive summary in English

SISTERS addresses questions around the broader technological feasibility, economic viability and socio-environmental sustainability of dynamic on-road charging of electric vehicles by looking at the system-level holistic consequences of an electrified road future.

SISTERS assesses the potential and feasibility of an integration of electric vehicles in the transportation system, focusing primarily on dynamic charging which would allow practically all of the drawbacks of on-board battery packs to be avoided. On-road charging would also enable the direct link to renewable energy sources: Ultimately this is the only way to fully decarbonise road transport. SISTERS capitalises upon the EU investments in the FABRIC project on feasibility of electric roads in Europe and the portfolio of project that Scania is involved in. The project brings European lessons to the Swedish context with its focus on electrification of heavy trucks and busses, and specific existing infrastructure constellation.

Three main activities in the project are:

PART 1: Tools, models and analysis frameworks developed for e-roads in FABRIC will be adapted for Sweden.

PART 2: Currently available charging solutions will be tested and evaluated for their impact in and on Swedish roads using numerical and laboratory tests.

PART 3: A comprehensive participatory simulation environment will be developed in which stakeholders can bring in their scenarios and jointly discover the potentials and boundaries of system-level implementations.

By performing these activities in an integrated way, SISTERS will identify the benefits and risks of e- mobility in Sweden that will help ensure that future electrification of Swedish roads will be a sustainable development for society.

The project has developed a set of integrating approaches on actor perspectives in interaction with technical analyses for assessing deployment of Electrical Road Systems in Sweden.

The general EU-level Life Cycle Assessment Framework for e-Roads as developed in FABRIC has been adapted for Swedish circumstances, and has been made available to relevant partners in the ERS world.

A large number of simulations (finite element) have been developed to assess the interactions of existing and currently proposed electric road systems. One very interesting outcome was that with currently available binder materials for roads, there are no structural problems to be expected of even the most extreme ERS technologies. Laboratory tests have been done, particularly to confirm the simulations and to validate the boundary interactions of concrete and metal elements in asphalt pavement roads.

Lastly, a participatory approach for planning of ERS in Sweden has been developed on top of the Scania Fleet Management database. This has resulted in a series of workshops, both abroad and with Swedish actors in which the design logic of ERS experts has been tested. The Data Mining and Artificial Intelligence (deep learning) techniques that have been deployed on

the Scania data have led to a handover of this knowledge to the Scania team, and multiple workshops around new service development that Scania could develop with this.

### 3 Bakgrund

I strävan efter avkolning av vägtransporter och rörlighet är det allmänt känt att elektromobilitet, eller "e-mobilitet", dvs att använda antingen helt elektriskt eller starkt elektrifierat fordon, såsom plug-in hybrider, kommer att visa sig vara en nödvändig komponent: Elektricitet är den mest effektiva energivektorn när det gäller transport och omvandling till mekanisk energi, och dess produktion från primära energikällor är generellt mycket effektiv och extremt välutvecklad. Helt elektriska fordon avger praktiskt taget inga föroreningar eller växthusgaser vid användningsstället - inga skadliga gaser, inga partiklar och ingen koldioxid samtidigt som de minimerar buller och den obehagliga lukten av avgaser. Potentiellt tillåter detta betydande och hållbara förbättringar i luftkvaliteten, vilket ökar passagerarkomforten och gör stadsmiljön renare och trevligare för sina boende.

Nyckeln till den framtida framgången med e-mobilitet, i synnerhet med tanke på elfordons kommersiella livskraft, är dock uppnåendet av "total acceptans", vilket innebär fullt stöd för innovativa mobilitetslösningar av allmänheten utöver beslutsfattare .

Ur det här perspektivet är en av de allvarligaste problemen för godkännande av helt elektriska fordon hänförlig till det faktum att energilagring i batterier fortfarande uppvisar ett antal allvarliga nackdelar. Under de närmaste 5-10 åren förväntas energitätheten hos batterierna, genom ytterligare innovationer och genombrott i batteritekniken, fördubblas för samma vikt och kostnad, vilket effektivt ökar fordonets intervall proportionellt. Trots en sådan viktig och fortfarande osäker utveckling i batteritekniken och den ökade säkerhetsrisken som är förknippad med en ännu högre koncentration av energi och kraft i batteripackar, skulle helt elektriska fordon fortsättningsvis vara begränsat främst till stads- / förortstillämpningar . Dessutom kommer tillgängligheten av sällsynta jordartsmetaller som krävs för dessa batterier att bli ett realistiskt problem för storskalig framtida implementering.

### 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

SISTERS syftade till att utveckla tre nyckelkomponenter för systemutveckling av elvägar (ERS) för svenska förhållanden. Genom att utvidga befintliga ERS-ramar för livscykelanalys för de svenska förhållandena bidrar projektet till att se på den totala CO<sub>2</sub>-balansen i ERS för Sverige. Vid simulering och laborietester testas de potentiella strukturella frågorna i ERS-lösningar för allmänna vägar. Ett deltagande tillvägagångssätt har utvecklats för att kunna involvera samhällsintressenter i planeringen av tekniken på riktiga vägar.

Projektet hade tre forskningsfrågor som är breda och riktade arbetet:

1. Vilka förändringar krävs för EU:s system för miljöbedömning (LCA) av elektrifierade vägar för det svenska sammanhanget?
2. Vilka konsekvenser för den svenska väginfrastrukturen följer från en livscykelanalys och livscykel kostnadssynpunkt för implementering av elektrifierade vägar?
3. Vilka modeller för framtida utplacering av elektrifierade vägar kan utvecklas som inkluderar och engagerar alla relevanta svenska intressenter?

Projektet utfördes av två avdelningar vid KTH, en specialiserat på vägkonstruktioner och en i deltagande modeller och data mining. Den första gruppen har effektivt utvidgat arbetet i EU FABRIC-projektet med LCA, simulering och laborietester för svenska förhållanden. Den andra gruppen har jobbat nära med Scania och har placerat en forskare där under en 2 års period i 1-2 dagar per vecka. Experiment med den deltagande planeringsramen har organiserats via egna kontakter med svenska projekt (Arlanda och E16).

Genom intensivt arbete med projektet framfördes att forskningsfrågorna 1 och 3 var mest intressant för de Svenska aktörer inom elvägar.

## 5 Mål

Framtiden för elfordon är å ena sidan väldigt säkert utifrån tekniken mognad i fordonsindustrin själv. När man ser ur ett samhälls- och utbudskedjerspektiv gör det nuvarande fokuset på batterier och dess associerade problem med materialutarmning och vikt för fordon att man inte helt enkelt kan ersätta förbränningsmotorer med elektriska.

Om den svenska bilindustrin vill vara ledande i världen på elbilar behöver den ha kunskap och erfarenhet av större samhällelig inbäddning av sina framtida tekniker. På vägbelastning är en av de viktigaste potentiella scenarier som kan bidra till att övervinna batteriproblemet, samtidigt som man bygger ett nytt infrastruktur- och servicelag ovanpå den befintliga gamla väginfrastrukturen. På så sätt är SISTERS ett viktigt steg för att öka konkurrenskraften och innovationsförmågan för den svenska bilindustrin. Samarbetet mellan Scania och TrafikVerket som samarbetspartner till KTH i SISTERS bevitnar det branschsamarbete som fordonsbelastning kräver: elvägen och fordonet utgör ett system som kräver samutveckling och samarbete på en nivå som aldrig tidigare har noterats inom vägtransportsektorn.

Särskilt för FIFFI-delprogrammet studerar SISTERS den elektriska vägkolonnen och dess effekter på alla andra kolumner (Markerad i Blå i Figur 1) som primära objekt. Studien har direkta konsekvenser för och inmatning från bil- och infrastrukturrader för buss, högkapacitetstransport och stadslogistik, och markeras i Gul. SISTERS effekt kommer att vara att den befintliga infrastrukturen kommer att användas mer effektivt när trafikbelastningen blir verklighet och att säkerhets- och miljöpåverkan av denna teknik kommer att förstås i sitt holistiska perspektiv genom vilket mildrande åtgärder kan formuleras för att undvika negativa effekter.

	Bussystem	HCT	Urbana gods-transportssystem	Elvägar
Fordon	X			
Infrastruktur	X			
Informationssystem	X	X	X	
Logistik och tjänster	X	X	X	
Terminaler	X	X	X	X
Effekter				X

Figure 1: SISTERS inom FIFFI

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet resulterade i anpassningar till FABRIC LCA-systemen för ERS, som har gjorts tillgängliga för andra intressenter. Simuleringarna och laboratorieexperimenten för att integrera ERS-teknik i vägar leder till slutsatsen att bindemedel mellan främmande föremål och asfaltbeläggningen är kritiska, men det noggranna urvalet med den nuvarande tillgängliga bindemedelstekniken kan övervinna de flesta problem.

Det deltagande tillvägagångssättet baserat på data mining har varit särskilt användbart för potentiell serviceutveckling med fleet management data.

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Både de experimentella och deltagande simuleringsdelen är redan efterfrågad inom väggbranschen
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Deltagande simuleringsplattformen vidareutvecklas för att inkludera hälsoaspekter av minskade avgasutsläpp
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	En del av fleet management dataforskningen har inspirerad vidareutveckling inom deltagande industripartner
Introduceras på marknaden	-	
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Kunskapat och verktyg förväntas att blir en del av Trafikverkets kunskapsbasis och verktygslåda.

Simuleringsarbetet ingår i nya forskningsansökningar av mer fundamental karaktär hos Vetenskapsrådet. Kopplingen till FABRIC projektet har hjälpt kunskapen att spridas utanför Sverige, och projektresultat tas med på FABRICs slutredovisning / slutseminar.

### 7.2 Publikationer

V.M. Shreenath, S.A. Meijer (2017) Opening the Search Space for the Design of a Future Transport System Using 'Big Data'. International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. pp 247 – 261, Springer, Cham

Jayanth Raghothama, Elhabib Moustaid, Vinutha Magal Shreenath, Sebastiaan Meijer (2017) Bridging Borders: Integrating Data Analytics, Modeling, Simulation, and Gaming for Interdisciplinary Assessment of Health Aspects in City Networks. City Networks, pp 137-155, Springer, Cham

Vinutha Magal Shreenath, Sebastiaan Meijer (2016) Spatial big data for designing large scale infrastructure: A case-study of electrical road systems. Big Data Computing Applications and Technologies (BDCAT), 2016 IEEE/ACM 3rd International Conference on. Pp 143-148, IEEE

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

SISTERS projektet levererade resultat som tillgodogör både Svenska industrin genom systemisk kunskap och data-baserade metoder, samt den publika världen genom nya analys för Svenska vägnätets beredskap för elvägar (induktiv) och nya metod för samhällsplanering genom involvering av intressenter.

Metodiskt finns mycket kvar att vidareforska på. Särskilt metoden för deltagande simulering av samhällsfrågor med stor teknisk beroende är intressant, på grund av dessa integration mellan datavetenskap (AI), visualisering, simulering och sociala processer.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Kungliga Tekniska Högskolan

- Skolan för Teknik och Hälsa – Prof. Sebastiaan Meijer, [smeijer@kth.se](mailto:smeijer@kth.se), 08-7908071
- Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad – Prof. Nicole Kringos, [kringos@kth.se](mailto:kringos@kth.se)

Scania

- Niklas Pettersson, [niklas.pettersson@scania.com](mailto:niklas.pettersson@scania.com)

Trafikverket

- Anders Berndtsson, [anders.berndtsson@trafikverket.se](mailto:anders.berndtsson@trafikverket.se)