

Slutrapport Remote Timber

Robusta och säkra system för
fjärrstyrda virkeslastare



Författare: Anna-Maria Selvehed och Mikael Augustsson
Foto: Tina Stafrén
Datum: 2022-09-05
Projekt inom Effektiva och uppkopplade transportsystem

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	6
5 Mål	7
6 Resultat och måluppfyllelse	7
6.1 Demonstrator – design och utveckling av virkeslastare	7
6.2 Lagar och regelverk	9
6.3 Fysisk säkerhet.....	10
6.4 Kommunikation, integration och cybersäkerhet	10
6.5 Business case och systemmodell	12
6.6 Måluppfyllelse	13
6.6.1 Projektets resultat	13
6.6.2 FFI:s övergripande mål.....	14
6.6.3 Delprogrammet Effektiva och uppkopplade transportsystem.....	15
7 Spridning och publicering	15
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	16
7.2 Publikationer.....	17
8 Slutsatser och fortsatt forskning	17
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	20

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.

1 Sammanfattning

Skogsindustrin är en av Sveriges viktigaste näringar som verkar på en mycket konkurrensutsatt marknad där företagen kontinuerligt har behov av effektivisering.

Remote timber – Robusta och säkra system för fjärrstyrda virkeslastare - är ett treårigt projekt som avslutas i augusti 2022. Målet är att utveckla teknik för fjärrstyrning av virkeslastare för att långsiktigt stärka konkurrenskraften och innovationskapaciteten i skogs- och fordonsindustrin. Projektet består av ett företagskonsortium med SCA Skog, Volvo CE, Telia Company, Biometria, Skogforsk och projektkoordinatorn Mittuniversitetet.

Huvudleveransen i projektet är en demonstrator, en fjärrstyrd virkeslastare, som presenterades och testades med framgångsrikt resultat vid ett pressevent på SCA:s virkesterminal i Torsboda i november 2021. Virkeslastaren bestod av en Volvo L180 H HL höglyft som byggts om av Volvo CE och utrustats med uppkopplade kameror och sensorer. De 11 kamerorna placerades baserat på en siktanalys för att eftersträva total uppsikt runt maskinen.

En annan viktig leverans är den behovsanalys som tagits fram med aspekter som lagar och regler, fysisk säkerhet, cybersäkerhet, datakommunikation, infrastruktur och lönsamhet analyserats.

Projektets slutsats är att det är tekniskt möjligt att genomföra lastning och lossning av timmer med en fjärrstyrd virkeslastare. Det finns heller inga legala hinder för en fjärrstyrd lösning. Samtidigt omgärdas förarlösa maskiner av många lagar och regler som ställer höga krav på säkerhet och riskbedömning.

För att garantera den fysiska säkerheten på plats behöver lösningen bygga på en så kallad Autonomous Operating Zone, utan obehöriga på plats, och kompletteras med fysiska avgränsningar, säkerhetsrutiner och utbildning av personal. Det krävs också åtgärder för att säkra cybersäkerheten, exempelvis kryptering, geofencing och privat VPN.

Datakommunikationen har fungerat mycket bra under testerna av demonstratorn. Eftersom lösningen byggde på en temporär förstärkning kan det finnas utmaningar i en fullskalig permanent lösning, exempelvis på grund av höga virkesvältor som stör den mobila datakommunikationen eller bristande tillgång till fiberuppkoppling på avlägsna platser.

Lönsamheten har analyserats med hjälp av ett business case baserat på data från SCA:s virkesterminaler. Resultatet visar att det finns en potential att minska kostnaderna genom fjärrstyrning. Den största potentialen finns nattetid, men även dagtid finns möjligheter att minska kostnader. Biometria har även gjort en analys av marknaden nationellt där det finns en ännu större potential för kostnadsminskningar.

Parallellt med utvecklingsarbetet har två erfarna operatörer utvärderat faktorer som vyer, kameraplacering, manövrering och ergonomi. Studien visar att operatörerna hade relativt enkelt att hitta vyerna. Operatörerna konstaterade att man sitter bekvämt och att fjärrstyrning kan öka tillgängligheten för fler grupper. Det krävs dock ytterligare arbete för att skapa en optimal förarmiljö.

Remote Timber har visat nyttan och möjligheterna att införa fjärrstyrning på virkesterminaler, men också identifierat utmaningar inom kommunikation och föraroptimering som kräver vidareutveckling av tekniken.

2 Executive summary in English

The forest industry is one of Sweden's most important industries and Sweden is the world's third largest exporter of forest products. 85 percent of production goes on exports and the industry employ 200,000 people. The forest industry operates in a highly competitive market and companies need to continuously streamline their operations.

Remote timber - Robust and safe systems for remote-controlled timber loaders - is a three-year project with the aim of developing technology for remote control of timber loaders. A long-term goal has been to strengthen the competitiveness and innovation capacity of the forest and automotive industries. The project consists of a company consortium with SCA Skog, Volvo CE, Telia Company, Biometria, Skogforsk and the project coordinator Mid Sweden University.

The project's goal of verifying technical requirements and financial conditions to achieve safe and robust remote-controlled timber loaders via 5G has been achieved. The main delivery is a demonstrator, a remote-controlled timber loader that was presented in November 2021 at SCA's terminal in Torsboda outside Timrå. The timber loader consisted of a high-lift Volvo L180 rebuilt by Volvo CE and equipped with connected cameras and sensors. The 11 cameras were placed based on a sight analysis to strive for total surveillance around the machine.

Another important delivery is a needs analysis where aspects such as laws and regulations, physical security, cyber security, data communication, infrastructure and profitability have been analyzed.

The results achieved within the project are as follows:

- A demonstrator in the form of a high-lift/timber loader, model Volvo L180H HL of the 2020 model, equipped with cameras and equipment for remote control
- This demonstrator also includes an operator's seat with control rig that has been adapted based on the application "remote-controlled timber loader"
- Demo/test week at one of SCA's timber terminals with the aim of testing the demonstrator and evaluating the chosen setup based primarily on user experience, data communication, control and productivity.
- Strengthened competence and experience in 5G, data communication, sensor technology and remotely controlled vehicles
- Great attention in mass media in connection with press conference and press release
- A business case to evaluate scenarios for profitability.
- An analysis of 5G published in a research article by Mid Sweden University in collaboration with Telia Company.
- A license thesis in robust wireless communication through 5G will be presented in late 2022.

The project has been able to show that it is technically possible to carry out loading and unloading of timber trucks with a remote-controlled timber loader.

There is no legal obstacle to a remote-controlled solution, but that the remote-controlled machine must be risk assessed and measures must be taken for a CE marking.

To ensure physical safety on site, the solution needs to be based on a so-called Autonomous Operating Zone, without unauthorized persons on site, and supplemented with physical boundaries, safety routines and staff training. Measures are also required to secure cyber security, such as geofencing and private VPN.

The data communication has worked very well during the tests of the demonstrator. Since the solution was based on a temporary reinforcement, there may be challenges in, for example, high timber stacks that interfere with visibility or access to fiber connection in remote locations.

Profitability has been analyzed using a business case based on data from SCA's timber terminals. The results show that there is a potential to reduce costs through remote control. The greatest potential is at night but during the day there are also opportunities to reduce costs. Biometria has also carried out an analysis of the market nationally, where there is a great potential for cost reductions.

In parallel with the development work, two experienced operators have evaluated factors such as views, camera placement, maneuvering and ergonomics. The study shows that the operators had relatively easy to find the views. The operators stated that they sit comfortably and that remote control can increase the accessibility for more groups. However, additional work is required to create an optimal driver environment.

Remote Timber has shown the benefits and possibilities of introducing remote control at timber terminals, but also identified challenges in communication and driver optimization that require further development of the technology.

A challenge is to realistically reproduce the feeling and environment experienced by the driver, as well as ensure a very high level of safety at the site. The feedback in the form of vibrations, sound and vision is limited and it is difficult to get a good depth vision, which is an important aspect when loading larger logs that can possibly be solved with automation of critical work steps that have been identified as extra difficult.

Another challenge is delays in communication that make it more difficult to carry out complex tasks. Limited coverage in areas where there is no direct Line-of-Sight between vehicle and 5G base station can also be a challenge.

The project's partners see a need to move forward on these issues and have initially applied for funds for a continuation project in communications and 5G. The second area identified is to work further on the performance of the remotely controlled timber loader, automation of critical moments and the timber loader driver experience. These questions will be the basis for the continuation within the field.

3 Bakgrund

Skogsindustrin är en av Sveriges viktigaste näringar och Sverige är världens tredje största exportör av skogsprodukter. Av produktionen går 85 procent på export och näringen sysselsätter 200 000 personer. Skogsindustrin verkar på en mycket konkurrensutsatt marknad och företagen har behov av att kontinuerligt effektivisera verksamheten.

Skogen som avverkas mellanlagras på virkesterminaler innan de transporteras till industrierna med lastbil eller tåg. I Sverige finns ett hundratal virkesterminaler och globalt uppgår de till flera tusen. Virkesterminalerna är vanligtvis lokaliserade på avlägsna platser vilket försvårar en effektiv bemanning av terminalerna. Lastningen genomförs av hjullastare som är anpassade för effektiv lossning och lastning av timret.

Projektets hypotes är att det går att motivera en fjärrstyrning av maskiner på virkesterminaler utifrån ett kostnads- och produktivitetssperspektiv. Om en enskild operatör kan ta hand om lossning och lastning på flera virkesterminaler innebär det en betydande effektivisering. Det finns även intressanta möjligheter att i framtiden fjärrstyra komplexa moment såsom lossning och lastning medan enklare moment som transport mellan två punkter görs helt automatiskt. Det fanns också ett behov av studier och analyser av hur fjärrstyrning på virkesterminaler kan genomföras samt de infrastrukturella förutsättningarna som behöver finnas på plats. På

virkesterminalerna hanteras mycket stora och tunga materialflöden och att säkerställa fysisk säkerhet på en fjärrstyrd virkesterminal är mycket viktigt för en fungerande lösning. En annan utmaning är att säkerställa en robust och tillförlitlig kommunikation då virkesterminalerna vanligtvis är lokaliserade på avlägsna platser.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektets syfte har varit att öka effektiviteten på virkesterminaler genom fjärrstyrning, i synnerhet på lågt belastade terminaler. För att möjliggöra effektiva och säkra fjärrstyrda virkesterminaler har projektet arbetat utifrån ett flertal frågeställningar inom sex områden: fysisk säkerhet, cybersäkerhet, användarbarhet (operatörsperspektivet), datakommunikation, juridiska aspekter samt lönsamhet.

Projektets frågeställningar för forskning och utveckling har bland annat varit:

- Hur designas en fjärrstyrd virkeslastare?
- Hur säkerställs fysisk säkerhet inom arbetsområdet för virkeslastaren?
- Hur utformas en ekonomiskt och säkerhetsmässigt hållbar lösning för fjärrstyrning av virkeslastare?
- Hur placeras kameror och sensorer på virkeslastarna och terminalerna för att möjliggöra fjärrstyrning?
- Uppfyller 5G kraven på säkerhet, tillförlitlighet och prestanda?
- Hur skapas en bra arbetsmiljö och en realistisk känsla för operatören för att fjärrstyra virkeslastaren med hög precision?
- Vilka komponenter och infrastruktur krävs för fjärrstyrda virkesterminaler?
- Finns det regelverk eller lagar som kan påverka utformningen av fjärrstyrda virkesterminaler?

Metod och genomförande

Projektets huvudleverans är att utveckla en fjärrstyrd timmerlastare på en av SCA:s virkesterminaler, där Torsboda virkesterminal i Timrå kommun valdes som testsite. Inför testet genomförde Skogforsk en tidsstudie för att inhämta referensdata av tio separata arbetsmoment i samband med lossning av timmerbilar.

Utvecklingen av den fjärrstyrda demonstratorn har skett på Volvo CE:s anläggning i Eskilstuna, där två erfarna operatörer från SCA vid ett tidigt skede fick testköra demonstratorn på plats. Volvo har i samband med testerna analyserat användarperspektivet utifrån observationer och intervjuer med operatörerna.

Att fjärrstyra en virkeslastare på en terminal innebär många utmaningar för att på ett verklighetsnära sätt återge känslan och miljön som föraren upplever samt säkerställa en mycket hög säkerhet på platsen. En arbetsgrupp har arbetat med att analysera både den fysiska säkerheten och möjliga risker och hot mot cybersäkerheten.

Inför testet på Torsboda gjordes en förstärkning av Telias publika nät genom en mobil mastvagn. Telia hade inför testet genomfört en utvärdering av den befintliga mobila täckningen och uppkopplingen på plats och funnit att signalstyrka och kvalitet varierar kraftigt på området, till stora delar beroende på virkesvältorna som blockerar täckningen. Telia genomförde tester på plats, bland annat för att utvärdera vilken signalstyrka (RSRP) som krävs för att klara önskad videobandbredd (60 Mbit/s).

Användning av 5G förväntas avsevärt kunna minimera fördröjningar och har därför studerats utifrån ett fjärrstyrningsperspektiv genom att studera kvalitet och prestanda av uppkopplingen under testet i Torsboda.

En analys av lagar och regelverk inför en eventuell kommersialisering har gjorts av Skogforsk, där man också tagit med erfarenheter från andra näringar och projekt.

En viktig leverans i projektet är också en systemmodell och ett business case, som tagits fram av Skogforsk och SCA, för att beräkna när det är ekonomiskt lönsamt med fjärrstyrning av virkesterminaler. Biometria har gjort en analys för att påvisa potentialen för Remote Timber-konceptet om det appliceras på hela Sveriges travmätta volymer. Analysen är baserad på data från business caset samt erfarenhet från Biometrias fjärrmätningssystem.

5 Mål

Projektets målsättning har varit att verifiera tekniska krav och ekonomiska förutsättningar för att åstadkomma säkra och robusta fjärrstyrda virkeslastare via 5G. Det långsiktiga målet är att stärka konkurrenskraft för skogs- och fordonsindustrin.

Fordonsindustrins får genom projektet ökad kompetens inom fjärrstyrning av tunga fordon som också i ett längre perspektiv kan bidra till autonoma fordon för flera tillämpningar.

Den branschöverskridande samverkan mellan skogsindustrin, fordonsindustrin och telekomindustrin skapar förutsättningar för nya innovationer och en ökad förståelse för behov och krav på tekniska och marknadsmässiga lösningar som fungerar i operativ miljö.

De mätbara målen i projektet har varit att:

- Kötiden för fordon som ska lastas och lossas kan minskas med 20 %
- Tillgängligheten på små terminaler kan öka till 24/7
- Minskad miljöpåverkan med 25 % genom effektivare transporter.

Projektets förväntade resultat har innefattat:

- Demonstrator med en fjärrstyrd virkeslastare på en eller flera av SCA:s virkesterminaler. Virkeslastaren ska genomföra och hantera specificerade användningsfall.
- Ökad kompetens hos deltagande företag inom 5G, sensorteknik och fjärrstyrda fordon.
- En modell för att beräkna när det är ekonomiskt lönsamt med fjärrstyrning samt vilken infrastruktur som behöver finnas på platsen.
- Säkerhet och prestandamodell eller analys av kommunikation med 5G för fjärrstyrning.
- Utformning av en fjärrstyrd virkesterminal med hög fysisk säkerhet.
- Säkerställa tillförlitlig, robust och säker fjärrstyrning.
- Faktorer som påverkar effektiviteten på virkesterminaler är identifierade.
- En licentiatavhandling

6 Resultat och måluppfyllelse

Demonstrator – design och utveckling av virkeslastare

Demonstratorn har utvecklats och designats av Volvo CE och testats av erfarna operatörer från SCA. Konfigurationen av demonstratorn bestod av:

- Maskin L180H HL (höglyft) av 2020 års modell.
- Demonstrator består av anpassad simulatorrigg från Oryx.
- 11 kameror var placerade på maskinen.
- 11 vyer, grafisk feedback och textinformation fördelades på 5 skärmar.
- Feedback: Ingen rörelseplattform aktiverad. Inget ljud.
- Feedback på skärm i form av text RPM, Parking brake, Gear, Fuel, Speed

- Feedback på skärm: Grafisk feedback som illustrerar maskinens vinkel (birdview) och avstånd (max 10m) med text och färg.
- Enklare GUI touch-screen för att möjliggöra anslutning till maskinen.
- Spakställ är "prototyp konstruktion" utifrån återkoppling vad ena förare har gjort på egen maskin och även för att förbättra styrkänslan av gripen.



En av operatörerna provkör den fjärrstyrda timmerlastaren på plats i Torsboda.

Placering av kameror och vyer gjordes utifrån siktanalys där man eftersträvade total uppsikt runt om maskinen. Val av skärmsetup grundades på tidigare teoretiska arbeten kring hur man skapar en optimal skärmsetup som fungerar för de flesta maskiner där denna specifika setup har fokus på grävmaskin och höglyft.

Användarperspektivet

Operatörerna hade lätt att hitta bland vyer även om det krävs viss inlärningskurva. I projektets omfattning fanns inte utrymme att utveckla och testa vidare kamerapositioner, vyer och skärmsetup. Fördröjning och störning av videoöverföring gör att bild mer eller mindre störs ut och påverkar effektivitet av arbetet, säkerhet och sikt över lag. Man bör därför se över hur man kan säkerställa att störningen undviks/elimineras så mycket som möjligt och det bör också *finnas åtgärder för hur systemet ska hantera för stor fördröjning.*

Att lasta timmer med en höglyft är en teknik som kräver träning och erfarenhet. Operatörerna påpekade vid flera tillfällen att de saknade "känsla" och "ljud". Vid körning med timmer i gripen behöver man vara försiktig när man svänger - börjar lasten gunga för mycket kan maskinen välta, vilket uttalas som att det händer "ganska ofta" för nybörjare. Vana operatörer vänjer sig vid hur man parerar när gripen börjar gunga. Under demoveckan och under tester märktes dock inte avsaknad av denna återkoppling till operatörerna nämnvärt, mer än möjligtvis genom att operatören körde mer försiktigt.

Demonstratorn saknar ljudåterkoppling, vilket uttalades som ett problem. Man är exempelvis van vid att lyssna på motorljud och efter "klonket" när man knackar timmer (jämnar till timmer i gripen). Det senare får man också en känsla av genom rörelse i maskinen.

Övrig återkoppling som var tillagt till demonstratorn var varvtal, parkeringsbromsfeedback, aktiverad växel, bränslenivå och hastighet. Det kunde vid observation konstateras att viss del av denna återkoppling användes.



Förarvyn för operatören.

Operatörerna konstaterade att man satt bra och bekvämt och slipper maskinens rörelse vilket kan minska förslitning. Det påtalades också att man ökar tillgängligheten för fler förare när man flyttar bort operatörsstationen från maskinen – det är lättare att sätta sig i demonstratorn än att "klättra in i en maskin."

6.1 Lagar och regelverk

I projektet har en genomgång av tillämpliga lagar och regelverk gjorts för att skapa en bild av vilka regelverk som är applicerbara för konceptet Remote Timber och vilka överväganden som behöver göras. Några exempel på regelverk som är eller kan vara tillämpliga beskrivs översiktligt nedan.

Konventionen om vägtrafik: En frågeställning i projektet har varit vem som är att anse som förare och vad det får för konsekvenser för processen. I Konventionen om vägtrafik framgår det att det skall finnas en förare och att denne ska ha kontroll. Det finns ingenting som säger att föraren måste befinna sig i fordonet. Avseende Remote Timber är virkeslastaren fjärrstyrd och ansvarig operatör får anses vara förare.

Arbetsmiljölagen: Det finns flera paragrafer i lagen som är tillämpliga på konceptet i Remote Timber. I kapitel 2, 5 § ställs krav på maskinens utformning: "*Maskiner, redskap och andra tekniska anordningar skall vara så beskaffade och placerade och brukas på sådant sätt, att betryggande säkerhet ges mot ohälsa och olycksfall.*"

Maskindirektivet: Maskindirektivet anger vilka grundläggande hälso- och säkerhetskrav som gäller för alla maskiner som släpps ut på marknaden inom EU. Maskindirektivets krav implementeras i svensk lagstiftning genom arbetsmiljöverkets föreskrift; *Maskiner AFS 2008:3*. Direktivet tar upp fjärrstyrning av maskiner på flera ställen. För att en maskin ska få använda CE-märkningen ska ett flertal krav uppfyllas. Av speciellt stor relevans för Remote Timber konceptets fjärrstyrda virkeslastare är:

- Säkerhetsanvisningar för alla typer av arbete produkten kan komma i kontakt med.
- Eventuell beskrivning av på vilket sätt som maskinen inte får användas.

Ovanstående punkter kommer troligtvis att skilja sig från de anvisningar och beskrivningar som gäller för virkeslastare som körs från hytten. Sådana anvisningar och beskrivningar bör grundas i en riskanalys av systemet.

Kamerabevakningslagen är till för att säkerställa balansen mellan intresset av att använda kameraövervakning för berättigade ändamål och intresset av att skydda enskildas integritet. För användning av kameror monterade på fordon gäller undantag för krav på tillstånd enligt 9 § om *"bevakning som sker för säkerheten i trafiken eller arbetsmiljön från ett fordon, en maskin eller liknande för att förbättra sikten för föraren eller användaren"*.

6.2 Fysisk säkerhet

Systemet med fjärrstyrning baseras på att det finns ett så kallat Autonomous Operating Zone, ett område där inga obehöriga får befinna sig då teleoperation pågår. En riskbedömning behöver göras av varje site för att säkerställa att det är säkert nog; ingen ska kunna ta sig in i området av misstag.

Detta kan hanteras med fysiska barriärer, exempelvis staket, samt kameror/värmekameror och/eller andra sensorer. För demonstratorförsöket användes virkesvältor för att skapa en fysisk barriär och på så sätt upprätta en Autonomous Operating Zone.

6.3 Kommunikation, integration och cybersäkerhet

En förstärkning av publika nätet gjordes för demonstratorn. Förstärkningen bestod av två sektorer; en sektor riktades mot testplanen och den andra mot boden där operatören satt och fjärrstyrde.



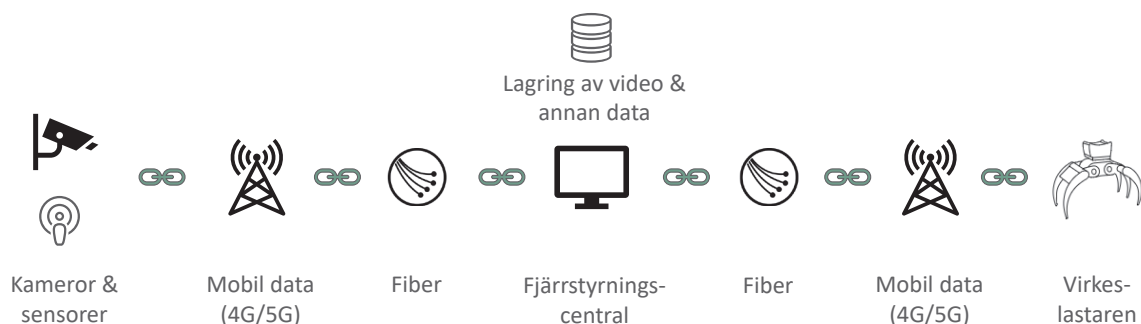
Under demonstratortesterna genomfördes täckningstester och routern hade möjlighet för loggning av:

- Upp- och nerläns trafik (byte/sec)
- RSRP för primär LTE och 5G/NR band

- GPS position (användes inte då ingen GPS antenn anslöts till routern i fordonet)

Under den vecka som testerna kördes så har uppkopplingen fungerat mycket bra. Resultatet på applikationen baseras på upplevd kvalitet av de som såg och/eller körde fordonet samt att tester på uppkopplingen utvärderades parallellt för att fånga allokerad bandbredd samt känslighet för störningar i uppkopplingen. Resultaten visar att vissa delar tekniken måste vidareutvecklas för att få en kostnadseffektiv lösning för 5G-uppkopplingen samt att lösningar för säkerställa line-of-sight till virkeslastaren från basstationen kommer krävas för att uppnå den prestanda som krävs för en bra arbetsmiljö.

Fjärrstyrningslösningen innehåller en kedja av informationsöverföring:



Video och andra signaler skickas från fordonet till en fjärrstyrningscentral och därifrån skickas styrsignaler tillbaka till fordonet. Applikationens riskexponering behöver utvärderas utifrån såväl hotbild, sårbarheter och påverkan.

Exempel på identifierade risker och cyberhot:

- Att någon obehörig tar kontroll över fjärrstyrningen och orsakar skada på människor, andra maskiner och/eller terminalen
- Att någon obehörig tar kontroll över fordonet och orsakar skada på fordonet självt
- Att någon obehörig kommer åt information (till exempel videoströmmen, lagrad video, sensordata)
- Att någon obehörig manipulerar videoströmmen så att antingen en stillbild visas eller att en annan videoström än realtidsvideoströmmen visas
- Att datakommunikationen bryts eller fördröjs (till exempel genom en överbelastningsattack)

Utöver den säkerhet som redan finns i nätet så användes kryptering i demonstratorn. Andra åtgärder som diskuterats i projektet är användande av privat VPN, routing av trafik, dedikerade nät och loggning av aktivitet.

Frågor att fortsätta undersöka inom kommunikation är:

- Hur görs en uppkoppling på en godtycklig virkesterminal som inte har samma goda förutsättningar för fiberuppkoppling som Torsboda?
- Går det att använda en helt mobil lösning?
- Hur säkerställs en kostnadseffektiv lösning för kommunikationen från ett radioresursperspektiv samt utifrån att säkerställa tillräckligt hög kommunikationsprestanda på olika virkesterminaler?
- Hur säkrar man kvalitet och möjliggör felsökning? Nätlösningen består av olika komponenter och är krävande både vad det gäller svarstider och kapacitet. Är det något problem någonsin i nätet så kommer det med stor sannolikhet märkas i denna applikation.

6.4 Business case och systemmodell

SCA har tagit fram ett business case för att utvärdera scenarion som kan vara lönsamma att genomföra fjärrstyrt istället för traditionellt med förare i hytten. Affärsmodellen bygger på en systemmodell som utvecklats av Skogforsk.

Slutsatsen är att de fjärrstyrda virkeslastarna inte behöver vara lika effektiva som manuellt styrda för att det fjärrstyrda systemet som helhet ska vara lönsamt. Intäktskomponenten består då av att det krävs mindre bemanning på terminalerna och att man samtidigt kan upprätthålla ungefär samma genomströmningstid. Nattetid så behöver inte heller den fjärrstyrda virkeslastaren vara alls lika effektiv för att ändå vara lönsam. En normal avlastning för en lastbilskran tar ca 15 minuter vilket ska jämföras med tidsstudien på Torsboda som visar att en avlastning med fjärrstyrd virkeslastare tar cirka 7 minuter. Lossning av lastbilar nattetid ses därför som den mest lönsamma aktiviteten att genomföra.

Biometria har utifrån business caset gjort en likvärdig analys på hela Sveriges tänkbara travmätta volymer. Modellen bygger på antagandet på ett storskaligt centraliserat fjärrlossningskoncept med grundinformation från SCA:s beräkningar. Erfarenheter har också tagits från Biometrias fjärrmätningssystem, där det finns många likheter med ett tänkbart centraliserat fjärrlossningssystem.

Ur ett lönsamhetsperspektiv så drar projektet slutsatsen att det finns en teoretisk kostnadsbesparingspotential dagtid och nattetid på SCA:s terminaler. Besparingspotentialen ökar om detta skulle göras i stor skala och inkluderar hela Sveriges tänkbara travmätta volymer samt använder en central fjärrstyrningscentral för optimerad planering utan köbildning.

Diskussion

Affärsmodellen har inte tagit hänsyn till en högre investeringskostnad av maskinerna utan utgår från att den följer det naturliga utbytet av maskiner och utrustning. Affärsmodellen har heller inte tagit hänsyn till ombyggnationer som kan komma att behövas på terminalerna för att dessa skall anses som säkra och funktionella utan utgår från att terminalerna löpande renoveras och anpassas efter de teknikskiften som sker.

När det gäller analysen på nationell nivå med Sveriges tänkbara travmätta volymer ser projektet en stor potential. Obefintlig kötid är däremot inte rimligt i praktisk drift där maskinerna oftast har andra uppgifter på en industri, men även med en liten kötid visar beräkningar att det finns potential och med utveckling av systemet finns det möjligheter att märkbart minska kostnader.



6.5 Måluppfyllelse

6.6.1 Projektets resultat

De resultat som uppnåtts inom projektet och projektets konkreta leveranser är följande:

- En demonstrator i form av en höglyft/virkeslastare, modell Volvo L180H HL av 2020 års modell som utrustats med kameror och utrustning för fjärrstyrning.
- Till denna demonstrator hör också en operatörsplats med styrrigg som anpassats utifrån applikationen "fjärrstyrd virkeslastare".
- Genomförd demo-/testvecka på en av SCA:s virkesterminaler med syfte att testa demonstratorn och utvärdera vald setup utifrån framför allt användarupplevelse, datakommunikation, styrning och produktivitet.
- Stärkt kompetens och erfarenhet hos deltagande parter inom 5G, datakommunikation, sensorteknik och fjärrstyrda fordon.
- Stor spridning i branschpress och massmedia i samband med pressträff och pressmeddelande.
- Ett business case för att utvärdera scenarion som kan vara lönsamma att genomföra fjärrstyrt istället för traditionellt med förare i hytten.
- En analys kring 5G i en forskningsartikel av Mittuniversitetet i samverkan med Telia: *"Remote-Timber: First 5G Measurements, Reflections, and Challenges for Teleoperated Forestry Revealed"*
- En licenciatavhandling inom robust trådlös kommunikation genom 5G kommer att presenteras under slutet av 2022.

Dessa resultat och konkreta leveranser stämmer mycket väl överens de förväntade resultat som specificerades i projektansökan.

Förutom uppnådda resultat specificerades tre mätbara mål i projektansökan. Måluppfyllelsen för dessa tre redovisas nedan:

1. Kötiden för fordon som ska lastas och lossas kan minskas med 20 %.

Projektets business case visar att kötiden inte påverkas nämnvärt under dagtid. På natten finns det ingen kötid, eftersom åkerierna själva lastar av bilarna med sin egen kran. Däremot så sjunker tiden för hela mottagningscykeln nattetid från 29 till 23 minuter, vilket är en minskning på drygt 20 procent. Med hjälp av sensorer, kameror och grafiskt förarstöd bedömer vi att man kan möjliggöra en snabbare avlastning än dagens, vilket också skulle ge kortare kötider.

2. Tillgängligheten på små terminaler kan öka till 24/7

Med hjälp av fjärrstyrning är det möjligt att erbjuda assisterad avlastning dygnet runt, till skillnad från idag då åkerierna själva lastar av bilarna under nattetid. En annan fördel med assisterad avlastning via fjärrstyrning nattetid är att man minskar risken för köer då terminalerna öppnar/stänger. Lastbilarna kan förskjuta inkörningarna till de tidpunkter som de tycker passar bäst.

3. Minskad miljöpåverkan med 25 % genom effektivare transporter.

Målet på 25 procents utsläppsminskning var ett högt satt mål som inte går att verifiera i siffror. Däremot kan man utifrån projektets beräkningar se att antalet lass skulle kunna minska med ungefär 173 lass per år om lastningen sker utan kranar. Ett tänkbart scenario med fjärrstyrning under kväll- och natt innebär en minskning av 1,7 procent, vilket också ger en motsvarande minskning av utsläppen. Detta är långt under målet på 25 procent, men om tekniken skulle implementeras ett flertal terminaler finns det ändå en stor potential att minska utsläppen.

6.6.2. FFI:s övergripande mål

Programmets övergripande mål är att minska vägtransporternas miljöpåverkan, stärka den internationella konkurrenskraften samt minska antalet skadade och dödade i trafiken. Projektet har adresserat de två första av dessa mål, som beskrivs nedan:

Minska vägtransporternas miljöpåverkan

Detta mål stämmer väl överens med projektets mätbara mål "Minskad miljöpåverkan med 25 % genom effektivare transporter." Den minskade miljöpåverkan kommer från färre lastbilstransporter och därmed har projektet bidragit till det övergripande målet om minskad miljöpåverkan. Se vidare resonemang ovan.

Stärka fordonsindustrins internationella konkurrenskraft

Genom denna typ av utvecklingsprojekt så stärks den svenska fordonsindustrins internationella konkurrenskraft på flera sätt. Modern teknologi, bland annat i form av kameror, sensorer och 5G-kommunikation, kommer till användning i ett nytt användningsscenario och bidrar därmed till innovativ utveckling. Det finns en potentiell internationell marknad för denna typ av fjärrstyrningslösning. I projektet har också samarbeten byggts upp mellan nationellt ledande aktörer som är centrala för att kunna erbjuda en systemlösning. Genom projektets arbete har kunskapen om teknologier i framkant stärkts och lärdomar har dragits som kan användas för att bygga internationell konkurrenskraft. Dessutom har projektet lyckats skapa stor synlighet och på så sätt stärkt kännedomen om aktörerna och den utvecklingsförmåga som byggs upp. Slutligen har även business caset funnits med genomgående i projektet för att säkerställa att lösningen är konkurrenskraftig jämfört med traditionell manuell bemanning.

FFI verkar också för ett genusperspektiv för att öka jämställdheten inom fordonsstrategisk forskning. Projektets fokus har varit att utveckla fjärrstyrda timmerlastare för att öka effektiviteten och konkurrenskraften inom industrin, men även öka tillgängligheten för fler grupper.

Erfarenheten från Biometria, som infört fjärrmättningscentraler för mätning av virke, visar att andelen kvinnor exempelvis är avsevärt högre på fjärrmättningscentralerna än på virkesterminaler där arbetet sker på plats. Arbetet med virkesmätning har traditionellt också haft en stark överrepresentation av män. Förhoppningen är att fjärrstyrda timmerlastare också kan öka tillgängligheten och attraktiviteten för fler grupper att arbeta med timmerlastning.

6.6.3. Delprogrammet Effektiva och uppkopplade transportsystem

Delprogrammet *Effektiva och uppkopplade transportsystem (EUTS)* har som fokus att "utveckla effektiva och uppkopplade transportlösningar som fullt ut nyttjar den tekniska utvecklingen och som omfattar alla berörda delar av transportsystemet. För att nå bästa möjliga effektivitet i transportsystemet (person och gods) måste hela systemet beaktas, inklusive påverkan från faktorer i dess omvärld och från angränsande system. Projekt inom EUTS förväntas fokusera på systemvinsterna hos ett uppkopplat och samverkande transportsystem."

Projektet har bidragit till delprogrammets mål genom de leveranser som gjorts, vilka har redogjorts för ovan. Projektet har genomfört en systemanalys och med simuleringar för att säkerställa att hela systemet beaktats. Systemet innefattar lastbilstransporterna till virkesterminalerna, arbetet på virkesterminalerna samt arbetet som sker på den centrala fjärrstyrningsplatsen.

Utveckling av lossning och lastning en viktig komponent även inom många andra branscher, såsom bygg- och anläggningsindustrin samt gruvinindustrin. Projektet har studerat 5G specifikt utifrån ett fjärrstyrningsperspektiv vilket möjliggör nya mobilitetstjänster och ny kunskap inom användningen av 5G för autonoma och fjärrstyrda fordon.

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	Projektet har ökat kunskapen inom fjärrstyrning, 5G och autonoma fordon hos projektets samtliga parter. Resultatet har också fått mycket stor spridning externt genom presseventet på Torsboda och i övrig kommunikation. Totalt publicerades ett 20-tal artiklar och inslag efter eventet, både i lokal och nationell media samt i branschpress.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	En ny projektansökan har skickats in med koppling till 5G-nätverket och kommunikation. Ytterligare en ansökan planeras i ett senare skede. Utöver detta kommer kunskapen att föras vidare i befintliga projekt.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Telia deltar i flertalet projekt som har som syfte att utveckla styrning och stöd för olika typer av fordon. Samtliga projekt kommer att på olika sätt bidra till insikter och framtida tjänsteutveckling inom området. Även Remote Timber har gett företaget insikter inom specifika områden som adderar till företagets förmåga att utveckla framtida tjänster. Volvo arbetar kontinuerligt med utveckling av autonoma och fjärrstyrda system och resultaten

		från Remote Timber kommer integreras i den övergripande produktutvecklingen inom området för att snabbare leverera denna typ av lösningar till företagets kunder. Resultaten har givit insikter kring både de tekniska lösningarna, säkerhetsaspekter, kundens krav på tillgänglighet och prestanda, uppkopplingsmöjligheterna i och med 5G samt affärsmöjligheter kopplade till den specifika applikationen.
Introduceras på marknaden	X	För Telias del av har projektet bidragit till insikter att skapa framtida tjänster för uppkopplade fordon inom "confined areas". När kunder efterfrågar detta är företaget bättre förberedda att besvara dessa krav som en del i en kommersiell tjänst. Även Volvos kunder efterfrågar redan förarlösa system för att lösa diverse olika problem kopplat till bl.a. arbetsmiljö, säkerhet, produktivitet och tillgänglighet. Genom att samarbeta med starka industripartners och akademien kan företagen både driva tekniken framåt och samtidigt bygga värdefull kunskap som gör att man kortar tiden mellan prototyp och produktansättning, både för denna applikation och andra.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Projektet har gett Telia insikter i hur mogen marknaden är och vilka krav en kund ställer på dom användarfall som testats. Insikter som kommer att utnyttjas i kommande utredningar inom snarlika projekt och områden. Förarlösa maskiner omgärdas idag med många reglementen men också många oklarheter. För Volvo har projektet bidragit till att tydliggöra var vi står med dagens teknik kontra befintliga reglementen och har även identifierat områden där man behöver följa och driva på standardiseringen för att kunna erbjuda förarlösa maskiner till en större marknad.

Det finns flera kopplingar till andra interna/externa projekt som kan påskynda introduktion eller ge större genomslag. *Skogforsk* har i sitt fjärrstyrningslabb utvärderat möjligheterna med fjärrstyrning av skogsmaskiner samt även utvärderat 5G-tekniken för att styra/övervaka maskiner på längre håll. Även *Telia* och *Volvo* deltar i flertalet projekt som har som syfte att utveckla styrning och stöd för olika typer av fordon. Samtliga projekt kommer att på olika sätt bidra till insikter och framtida tjänste- eller produktutveckling inom området.

Extern kommunikation

Projektet har haft en tydlig kommunikationsplan med syfte att sprida kunskap om fjärrstyrning och projektpartnernas tekniska utveckling och innovation. Den 18 november 2021 gjordes ett skarpt test av den fjärrstyrda timmerlastaren som utvecklats i projektet inför inbjuden press. Demonstrationen var en viktig milstolpe i projektet och resultatet publicerades i ett tiotal artiklar i branschtidningar inom skog- it- och telekomsektorn, samt ett flertal publiceringar i lokala tidningar, radio samt ett inlägg i Nyhetsmorgon i TV4. Det stora genomslaget i media visar det stora intresset som finns för tekniken i olika näringar över hela Sverige.

7.2 Publikationer

1. Zeb, S. , Mahmood, A. , Hassan, S. A. , Gidlund, M. & Guizani, M. (2022). Analysis of Beyond 5G Integrated Communication and Ranging Services under Indoor 3D mmWave Stochastic Channels. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*,
2. Mahmood, A. , Fakhrul Abedin, S. , Sauter, T. , Gidlund, M. & Landernas, K. (2022). Factory 5G : A Review of Industry-Centric Features and Deployment Options. *IEEE Industrial Electronics Magazine*,
3. Yang, D. , Mahmood, A. , Hassan, S. A. & Gidlund, M. (2022). Industrial IoT and Sensor Networks in 5G-and-Beyond Wireless Communication. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18: 6, pp. 4118-4121.
4. A Mahmood, L Beltramelli, SF Abedin, S Zeb, NI Mowla, SA Hassan, E. Sisinni, M. Gidlund, "Industrial IoT in 5G-and-Beyond Networks: Vision, Architecture, and Design Trends," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 6, pp. 4122-4137, June 2022.
5. N. Waqar, S. A. Hassan, A. Mahmood, K. Dev, D. -T. Do and M. Gidlund, "Computation Offloading and Resource Allocation in MEC-Enabled Integrated Aerial-Terrestrial Vehicular Networks: A Reinforcement Learning Approach," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2022, doi: 10.1109/TITS.2022.3179987
6. S Zeb, MA Rathore, A Mahmood, SA Hassan, JW Kim, M Gidlund, "Edge intelligence in softwarized 6G: Deep learning-enabled network traffic predictions," in *IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, 1-6, 2021.
7. Mahmood A., Fakhrul Abedin S., O'Nils M., Bergman M., Gidlund M., "Remote-Timber: First 5G Measurements, Reflections, and Challenges for Teleoperated Forestry Revealed", in manuscript.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Slutsatser av projektets resultat

Projektet har kunnat visa att det är tekniskt möjligt att genomföra lastning och lossning av virkesbilar med en fjärrstyrd virkeslastare. Vi har dragit följande slutsatser kring de områden som projektet har behandlat:

- Genomlysningen av lagar och regler visar att det inte finns något legalt som hindrar en fjärrstyrd lösning, men att den fjärrstyrda maskinen i sin kontext behöver riskbedömas och att nödvändiga åtgärder behöver vidtas för att säkerställa att den är tillräckligt säker och kan CE-märkas.
- Fjärrstyrningslösningen behöver vara säker, såväl ur ett fysiskt perspektiv som ur ett cybersäkerhetsperspektiv. Lösningen behöver bygga på en så kallat *Autonomous Operating Zone*, där inga obehöriga får befinna sig då fjärrstyrning pågår. Den fysiska säkerheten behöver säkerställas genom fysiska avgränsningar, rutiner för rörelser och kommunikation, utbildning av personer som befinner sig på fjärrstyrningssiter, samt rutiner för felhantering.
- Att lösningen är säker ur cybersäkerhetsperspektiv innebär att den hindras från att någon obehörig tar kontroll över fjärrstyrningen, kommer åt information, manipulerar videoströmmen eller stör dataöverföringen så att fjärrstyrningen omöjliggörs. Det finns ett antal åtgärder som bör övervägas för att skapa en cybersäker lösning, exempelvis kryptering, privat VPN, routing av trafik, redundans i systemet, geofencing och loggning.
- Datakommunikationen i projektet fungerade mycket bra under demonstrationstesterna. Nätlösningen för demonstratorn byggde visserligen på en temporär förstärkning, där man kunde ha fri sikt för datakommunikationen utan höga virkesvältor i vägen på den utpekade demonstratorytan, samt mycket stabil fiberuppkoppling och god kraftförsörjning. Det finns

utmaningar med att koppla upp en generell virkesterminal där tekniken behöver vidareutvecklas för att åstadkomma kostnadseffektiv kommunikationslösning med en garanterad kvalitet.

- Projektet har också resulterat i slutsatsen att operatörerna som körde fjärrstyrningsapplikationen hade relativt enkelt att hitta rätt vyer och att blev säkrare på att köra allteftersom de fick mer erfarenhet. Användaranalysen visade också att lösningen kan kompletteras med haptisk återkoppling, ljud och pålagd grafik. Ytterligare arbete krävs kring användarperspektivet för att skapa en optimal förarmiljö.
- Ur ett lönsamhetsperspektiv drar projektet slutsatsen att det finns en kostnadsbesparingspotential främst nattetid. I stor skala finns en ännu större besparingspotential, där man med en central fjärrstyrningscentral kan optimera planering för att undvika köbildning.



Deltagare från samtliga projektparter samlade under demodagen i Torsboda i november 2021.

Fortsatt forskning

Remote Timber har visat på möjligheterna att införa fjärrstyrning på virkesterminaler, men har också identifierat ett antal utmaningar för att ta nästa steg i fjärrstyrning av virkeslastare. En utmaning är på ett verklighetsnära sätt återge känslan och miljön som föraren upplever samt säkerställa mycket hög säkerhet på platsen. Återkopplingen i form av skakningar, ljud och syn är begränsad och det är svårt att få ett bra djupsseende, vilket är en viktig aspekt vid lastning av mer otympliga timmerstockar som eventuellt kan lösas med automation av kritiska arbetsmoment som har identifierats om extra svåra. En annan utmaning är fördröjningar i kommunikationen som gör det svårare att utföra komplexa moment. Begränsad täckning i områden där man saknar direkt Line-of-Sight mellan fordon och 5G-basstation kan också vara en utmaning.

Projektets parter ser ett behov av att gå vidare kring dessa frågor och har i ett första skede sökt medel till ett fortsättningsprojekt inom kommunikation och 5G:

- Hur kan täckning säkerställas genom tilldelning av passande 5G torn (exempelvis genom att säkra Line-Of-Sight, eller genom att upprätthålla multi-connectivity)?

- Hur kan spektrumallokering minimeras för att minska resursanvändning och reducera kostnader, samtidigt som leverans kvalitet kan garanteras?
- Hur placeras drönarmonterade 5G-basstationer ut för maximal täckning med minimalt antal drönare?
- Hur kan kommunikation optimeras i en RAN arkitektur (exempelvis genom programmerbarhet och intelligenta funktioner)?

Det andra identifierade området är att arbeta vidare på den fjärrstyrda virkeslastarens prestanda, automation av kritiska moment och virkeslastarens förarupplevelse. De initiala frågeställningarna är:

- Hur kan positionering åstadkommas för att möjliggöra automatiserade moment för virkeslastaren med hjälp av existerande kameror och maskininlärning samt att komplettera virkeslastaren med andra sensorer?
- Hur kan säkerheten runt virkeslastaren ökas med hjälp av nya sensorer och AI-assisterad bildtolkning?
- Hur kan förarmiljön förbättras utifrån automatiserade moment i kontrollen av virkeslastaren?

Dessa frågeställningar kommer att slutföras under hösten 2022 och vara grunden för fortsatt utveckling inom området.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Kontakta följande personer vid frågor gällande projektet:

Mattias O’Nils, professor och projektägare, Mittuniversitetet

Anna-Maria Selvehed, projektledare, Mittuniversitetet

Christian Spjutare, Advanced Engineering Program Manager, Volvo CE

Magnus Bergman, chef för teknik och digitalisering, SCA Skog

Magnus Leonhardt, strategi- och innovationschef, Telia Company

Petrus Jönsson, Biträdande programchef, Skogforsk

Tanja Keisu, Teamledare Biometria Labs, Biometria

