

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för sjöfart

# AUTONOM VÄGFÄRJA

Henry Nukari, Markus Thiger



Datum för publicering: <01.06.2016>  
Handledare: Bengt Malmberg

**Examensarbete**  
**Högskolan på Åland**

<b>Utbildningsprogram:</b>	Sjöfart 2011
<b>Författare:</b>	Nukari Henry, Thiger Markus
<b>Arbetets namn:</b>	Autonom vägfärja
<b>Handledare:</b>	Malmberg Bengt
<b>Uppdragsgivare:</b>	Eriksson Ronny

**Abstrakt:**

I detta arbete har vi undersökt möjligheten att göra en vägfärja autonom. Studien undersöker dagens autonoma och automatiska system till sjöss och på land för att se vad som skulle vara överförbart till vägfärjorna.

Kontakt har tagits med sakkunniga personer inom området för positionering för att få hjälp och tips när det gäller positioneringstjänster och hårdvara för att ta emot tjänsten. Det kontaktades även sakkunniga personer inom finsk lagstiftning för att få hjälp när det gäller tolkningen av den finska lagstiftningen och fartygskonstruktion.

Det gjordes undersökningar på internet om olika positioneringssystem, sensorsystem och om redan existerande autonoma färdmedel.

Resultatet av studien är att med förändringar i lagar och med sammansättningar av befintliga system så skulle det vara möjligt med delvis autonoma eller även helt autonoma vägfärjor i framtiden.

**Nyckelord (sökord):**

Autonoma vägfärjor, vajerlös vajerfärja, självgående

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2016:25	1458-1531	Svenska	36

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
20.05.2016	13.05.2016	30.05.2016



**Degree Thesis**  
**Högskolan på Åland / Åland University of Applied Sciences**

<b>Study program:</b>	Nautical Science 2011
<b>Author:</b>	Nukari Henry, Thiger Markus
<b>Title:</b>	Autonomous Road Ferry
<b>Academic Supervisor:</b>	Malmberg Bengt
<b>Technical Supervisor:</b>	Eriksson Ronny

**Abstract:**

In this degree thesis we have investigated the possibility of an autonomous road ferry.

The study examines the current autonomous and automatic systems at sea and on land to see what would be transferable to the road ferry.

Interviews has been made with people active in the field of positioning to get help and advice when it comes to positioning services and hardware to receive the service. Interviews with people active in the Finnish legislation have been contacted for assistance in the interpretation of the Finnish legislation and ship construction.

The investigations were made on the internet about the various positioning systems, sensor systems and the existing autonomous driving means.

The result of the study is that with changes in laws and systems with existing systems it would be possible to operate partially autonomous or even fully autonomous ferries in the future.

**Key words:**

Autonomous road ferry, wireless cable ferry , self- propelled

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2016:25	1458-1531	Swedish	36

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
20.05.2016	13.05.2016	30.05.2016

# Definitioner

**GPS** – Global Positioning System

**DGPS** – Differentiell GPS

**GNSS** - Global Navigation Satellite System

**RTG** – Real Time GIPSY

**GIPSY** – ett interaktivt mjukvarusystem för minskning och visning av astronomiska data.

**NASA** – National Aeronautics and Space Administration

**INMARSAT** – International Maritime Satellites

**L-band** – Radiofrekvensband som sträcker sig från 390 MHz till 1550 MHz

**Hubb** – Central

**DNV** – De Norske Veritas

**Vajerfärja** – En färja som styrs och/ eller drivs av vajrar

**Autonom** – maskiner som fungerar helt utan mänsklig övervakning eller styrning

**Frigående vägfärja** – En vägfärja som drivs och styrs med eget maskineri

**Vajerlös Vajerfärja** – Vajerfärja vars styrning ersatts med annan anordning

**PA-system** – Public-Announcement system, ljudanläggning ombord på fartyg för att påkalla allmänhetens uppmärksamhet

**GLONASS** – Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema, Rysslands motsvarighet till amerikanska GPS-systemet

**Galileo** – Europeiska motsvarigheten till amerikanska GPS-systemet

**Förarlös** – Ett fordon utan förare men kan vara styrt av en individ

**Självgående** – maskiner som fungerar helt utan mänsklig övervakning eller styrning

**COLREG** – International Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, de internationella sjövägsreglerna

**MUNIN**- Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks

**Squat**- Ett sug som bildas under fartyg som går på grunt vatten och ökar djupgåendet

**RTK**- Real Time Kinematic, teknik för att förbättra precisionen i positionsdata

**GSM**- Global System for Mobile communication

**ECDIS**- Electronic chart display and information system

**LIDAR**- Light detection and Ranging

## Innehållsförteckning

Definitioner .....	1
1 INLEDNING .....	4
1.1. Syfte .....	4
1.2. Frågeställningar .....	4
1.3. Avgränsningar .....	5
2 BAKGRUND .....	6
2.1. Modellfärja .....	6
2.1.1. Vägfärjor .....	7
2.2. Myndigheter och regler .....	8
2.2.1. De internationella sjövägsreglerna (COLREGS) .....	8
2.2.2. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) .....	9
2.2.3. Nationella lagar och förordningar .....	9
2.2.4. Lagar och förordningar på Åland .....	9
2.3. Positioneringssystem .....	10
2.3.1. StarFire .....	10
2.3.2. SWEPOS .....	11
2.3.3. Laser radar .....	12
2.3.4. Sensorsystem .....	13
2.4. Autopilot .....	13
2.5. Dynamic Positioning-system .....	14
2.6. Förtöjningssystem .....	15
2.7. Paralleller till andra transportslag med automatisk drift .....	15
2.7.1. Bilar .....	15
2.7.2. Flyg .....	17
2.7.3. Gräsklippare .....	18
2.7.4. Linfärjan Linus .....	19
2.8. Övervakning av autonoma systemet .....	19
2.8.1. 5G .....	20

2.9.	Tidigare projekt inom Ålands landskapsregering.....	20
3	METOD.....	22
4	RESULTAT.....	23
4.1.	Möjligheter och hinder.....	23
4.1.1.	Positionering.....	23
4.1.2.	Styr- och alarmeringssystem.....	24
4.1.3.	Drift.....	25
4.1.4.	COLREG.....	25
4.1.5.	Förtöjning.....	26
4.1.6.	Juridiska aspekter.....	26
5	DISKUSSION.....	28
5.1.	Vilka tekniska möjligheter och hinder finns det?.....	29
5.2.	Vilka fördelar/ nackdelar kan det medföra med autonoma vägfärjor?.....	29
5.2.1.	Fördelar.....	29
5.2.2.	Nackdelar.....	29
5.3.	SLUTSATS.....	30
	KÄLLFÖRTECKNING.....	31
	BILAGOR.....	35

# 1 INLEDNING

Detta arbete undersöker möjligheter och hinder beträffande autonoma vägfärjor. Arbetet är ett uppdrag ifrån vice rektor Ronny Eriksson och Högskolan på Åland.

Ämnesområdet är intressant eftersom en av oss har en prototyp av ”förarlös” vajerfärja hemma, där driften av styrningen går via vajer men kommandona ges via radiokontroll (se kapitel 2.7.4).

Arbetet tar upp autonoma system som är under utveckling inom sjöfarten och beskriver även befintliga system som skulle kunna appliceras ombord på de autonoma fartygen. Med autonoma fartyg menas självgående fartyg som övervakas av människor iland och som ska kunna navigera och framföras utan människor ombord.

Autonoma vägfärjor kan vara en typ av vajerfärja som istället för att drivas med hjälp av vajer och vajerspel är självdrivande och utan styrvajer. Vårt uppdrag är att utreda hur man ska gå till väga för att kunna få bort styrvajern och vajerdriften från vajerfärjan, men även att hitta en möjlig lösning på hur en färja ska röra sig från punkt A till B utan någon som styr den ombord, samt att se på vad sjövägsreglerna säger.

Vi har således undersökt olika positioneringssystem, hur man ska gå tillväga för att kunna styra ramper, den maskinella driften och vilka regler som gäller för vajerfärjor.

## 1.1. Syfte

Syftet med arbetet är att belysa möjligheter och hinder för transporter med autonoma vägfärjor med en minskning eller eliminering av besättning och minimering av den mänskliga faktorn. Det är också att ta fram eventuella lösningar på hur fartyget ska positionera sig, hur framdriften och ramper skall automatiseras och belysa problem och lösningar på de lagar och regler som finns idag.

## 1.2. Frågeställningar

1. Vilka tekniska möjligheter och hinder finns det?
2. Vilka fördelar/ nackdelar kan det medföra med autonom vägfärja?
3. Vilka juridiska möjligheter och hinder finns det?



### **1.3. Avgränsningar**

Vi undersöker endast möjligheterna för en mindre autonom vägfärja. Vi kommer inte gå in för djupt i de juridiska frågorna inom ämnet utan endast hitta vägar i den nuvarande lagen som möjliggör transport med en autonom vägfärja.

Undersökningarna av de olika applicerbara systemen och problemen samt lösningarna på driften av autonoma fartyg kommer endast beröras på sådant sätt att man förstår innebörden men inte nödvändigtvis de avancerade tekniska aspekterna.

## 2 BAKGRUND

I bakgrundsdelen av detta arbete beskriver vi några positioneringssystem, autopilotens olika funktioner samt hur förtöjningen av vägfärjor fungerar under drift.

Vi tar också upp andra autonoma fordon och redskap som redan existerar, hur de fungerar och vilka system de använder sig av och en modellvägfärja där det skulle vara möjligt att implementera ett autonomt system. Vi beskriver även om myndigheterna som stiftar lagar och regler inom sjöfarten från internationell nivå ner till nationella föreskrifter och hur Åland har egna lagar och föreskrifter.

### 2.1. Modellfärja

Vi har valt att undersöka möjligheterna att konvertera en mindre frigående vägfärja till en autonom (Se figur 1).



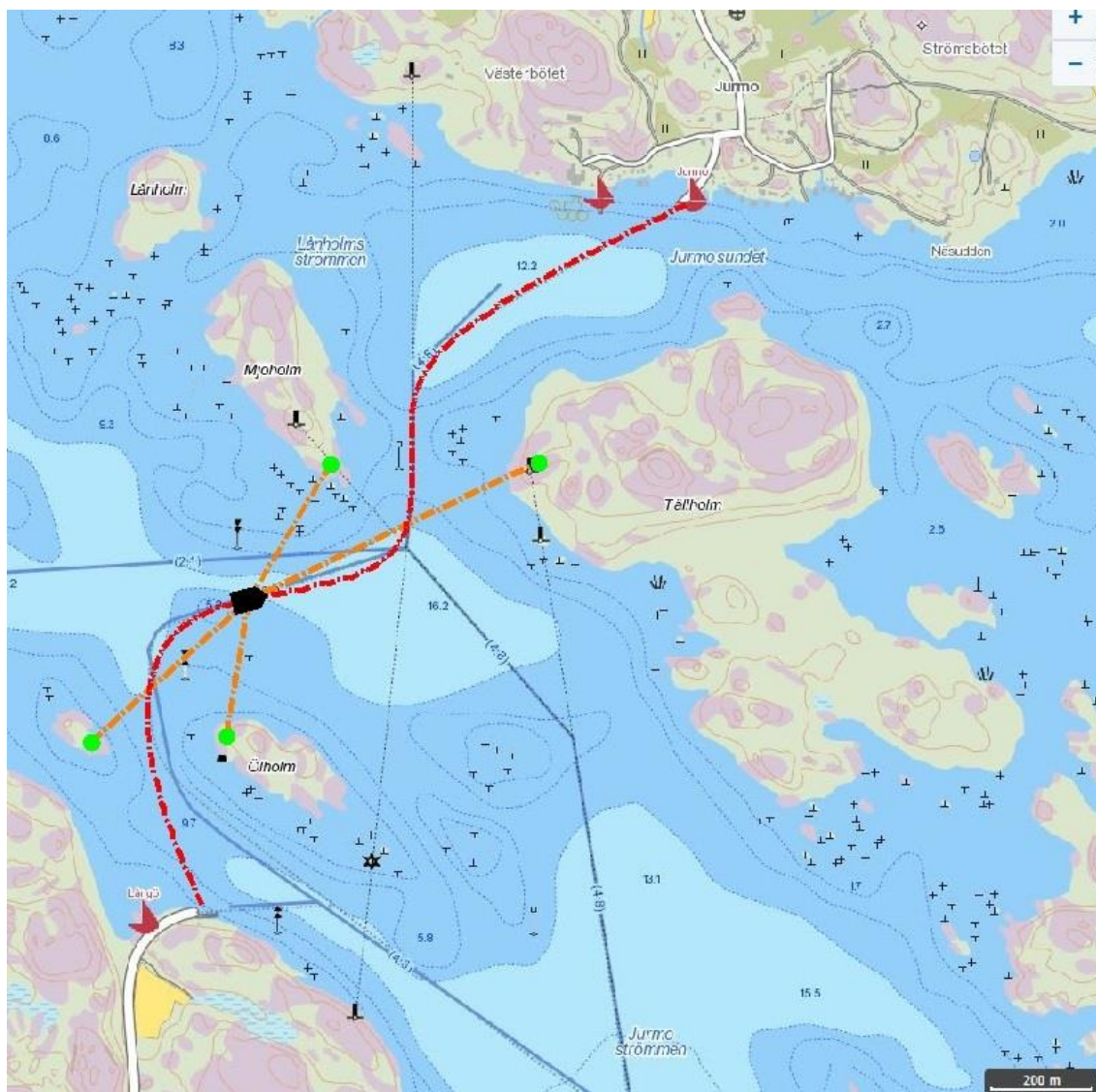
Figur 1 Åländsk vägfärja (Landskapsregering Åland, 2016)

Tabell 1 Tekniska data (Eriksson, 2015)

Den frigående vägfärjan som vi tar som exempel är en liten vägfärja som går mellan två öar i den åländska skärgården som tar 17 stycken personbilar och 70 passagerare. Framdrivningssystemet består av två stycken Scania DS14 dieselmaskiner som är kopplade via en kardanaxel till två stycken Parkan PR 400 propelleraggregat med 360 graders rotation (se tabell 1 eller bilaga 2).

Byggnadsår:	1984
Fartygstyp:	Bilfärja
Längd:	31,4 m
Bredd:	8 m
Djupgång:	3 m
Maskineffekt:	2x250 kW
BRT:	128
NRT:	40

Resan över är ungefär en nautisk mil och tar cirka tio minuter enkel väg. Trots den korta färdvägen är ruten full med många hinder och grynnor som man måste ta i beaktande (se figur 2). (Eriksson, 2015)



Figur 2 Färjans färdväg i rött och de referensstationer som skulle kunna sättas ut i grönt. (Fonecta, 2016)

### 2.1.1. Vägfärjor

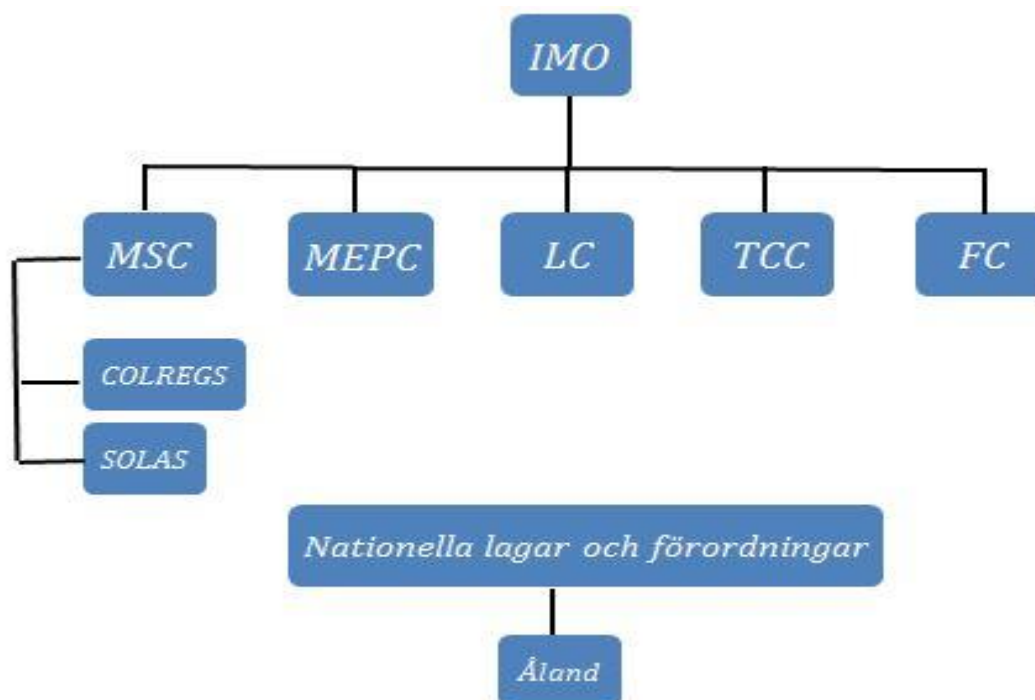
De frigående vägfärjorna har idag en relativt stor besättning som skulle kunna skäras ner, genom att få färjorna mer automatiserade. Idag ligger antalet besättningsmän på mellan två och sex personer bestående av befälhavare och däcksmän plus maskinist och eventuellt en styrman på de större färjorna. Detta kunde man minska ner till bara en eller ingen däcksmän ifall färjan var autonom mellan färjelägena (Eriksson, 2015).

I projektet Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA) som leds utav Rolls Royce kommer det under de kommande månaderna att utföras tester av olika

sensorer, såsom värmekameror, radar och LIDAR i olika drifts- och väderförhållanden ombord på Finferries Stella. Stella trafikerar mellan Korpo och Houtskär och är 65 m lång frigående vägfärja som kan köras åt båda håll. (Rolls-Royce.com, 2016)

## 2.2. Myndigheter och regler

International Maritime Organization (IMO) är ett specialiserat FN-organ med ansvar för säkerheten inom sjöfarten och förhindrandet av havsföroreningar från fartyg (se figur 3).



Figur 3 Flödesschema över Lagar och förordningars hierarki

IMO har flera underkommittéer enligt flödesschemat i figur 3. Den kommitté som berör detta arbete är Maritime Safety Committee (MSC). MSC ska överväga alla frågor inom ramen för den berörda organisationen med navigationshjälpmedel, konstruktion och utrustning av fartyg, bemanning ur säkerhetssynpunkt, regler för att förhindra kollision, hantering av farligt gods och andra frågor gällande maritim säkerhet. (IMO, 2016)

### 2.2.1. De internationella sjövägsreglerna (COLREGS)

International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG) är de internationella sjövägsreglerna som består av 38 regler indelade i fem delar. Dessa delar är: Del A – Allmänt, Del B - Styrning och segling, Del C - Belysning och former, Del D - Ljud- och ljussignaler och del E - Undantag. Det finns även fyra annex som innehåller

tekniska krav på ljus och former och deras placering, ljudsignalerings apparater, ytterligare signaler för fiskefartyg som är verksamma i närheten och internationella nödsignaler. (IMO, 2015)

Då det än så länge inte finns något skrivet om autonoma fartyg i sjövägsreglerna, så måste man utveckla en metod eller lösning som skulle fungera ihop med både autonoma fartyg som traditionella fartyg utan att minska säkerheten. Därtill kommer problemet hur man ska få ett autonomt system att tillämpa de internationella sjövägsreglerna. (Digital Ship, 2013)

### **2.2.2. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)**

SOLAS-konventionen i allmänhet betraktas som den viktigaste av alla internationella fördrag rörande säkerheten för handelsfartyg. Huvudsyftet med konventionen är att sätta minikrav för konstruktion, utrustning och drift av fartyg. Flaggstaterna ansvarar för att fartyg under deras flagg uppfyller kraven. Som ett bevis på att man uppfyller kraven utfärdas ett antal certifikat av flaggstaten. (IMO, 2016)

### **2.2.3. Nationella lagar och förordningar**

Den finska landsvägslagen 23.6.2005/503 paragraf 6 säger följande:

*Till en landsväg hör också färja med färjeled och färjeläge. En färja kan styras med hjälp av styrlinor eller annan ersättande anordning som Trafiksäkerhetsverket har godkänt (vajerfärja) eller vara en frigående färja. (22.12.2009/1242)*

Denna lag handlar om frigående färjor, vajerfärjor och att färjor skall följa de särskilda bestämmelser som är föreskrivna om dem. För frigående färjor gäller även tillämpliga delar av sjölagen 674/1994.

Med tanke på denna formulering av lagen skulle man kunna få en befintlig frigående vägfärja att registreras som en vajerfärja trots att man ersätter vajern med en annan framdrivningsanordning.

### **2.2.4. Lagar och förordningar på Åland**

Enligt åländska lagar och förordningar gällande vägfärjor finns det inte någon plats för egen tolkning som det gör i den finska lagstiftningen. Den åländska förordningen

N 27 Landskapsförordning (1979:6) 1§ om vägfärjor säger såhär:

- a) frigående färja är en maskindriven fritt styrbar färja
- b) linstyrd färja är en färja som för maskin drivs fram längs lina

c) styrbar färja är en propellerdriven linstyrd färja som kan manövreras utan styrlina

## 2.3. Positioneringssystem

Vi har undersökt två olika positioneringssystem. Dessa är StarFire samt SWEPOS. I detta kapitel går vi in på hur dessa system fungerar och vilken noggrannhet de kan uppnå.

### 2.3.1. StarFire



Figur 4 John Deere traktor (Farm-Equipment.com, 2011)

John Deere har i över 15 år gjort det möjligt för lantbrukare att få en delvis autonom styrning av sina traktorer via sitt system StarFire. Idag har man kommit så långt att man har helt förarlösa traktorer som kör av sig själva på de stora fälten.

Den största användningen lantbrukare har av de förarlösa traktorerna är när de skördar och plöjer över mycket stora åkrar och ska få ut så mycket som möjligt av varje varv utan att köra över samma område flera gånger. Det finns även bönder som gjort det möjligt att få en traktor som kommer när man kallar på den och håller kurs och fart bredvid en tröska för att fylla över säden ifrån tröskan. (John Deere, 2015)

Systemet fungerar med en precision ner till ca 5 cm med hjälp av en typ av DGPS och en vanlig GPS. John Deeres Starfire har egna referensstationer som gör att systemet kan upprätthålla så bra precision. En Differentiell GPS (DGPS) är en GPS-mätning som korrigerar systematiska felkällor i GPS-signalen via en eller flera referensstationer iland som skickar korrektionerna till GPS-mottagaren, vilket medför en ökad noggrannhet i positioneringen. (Tobe, 2015) (John Deere, 2015)

För att uppnå den höga noggrannheten som Starfire har, finns det flera aspekter som gör det möjligt, bland annat dessa: (Hatch, Sharpe, & Galyean, 2002)

- Rå GPS-mätdata från ett globalt nätverk av fasta dubbelfrekvensreferensmottagare som förser bearbetningscentret med dessa mätdata.

- Real Tids GIPSY(RTG)-teknik med mycket noggranna omloppsberäkningar utvecklade av Jet Propulsion Laboratory med uppdrag ifrån NASA.
- Bearbetningscenter som bearbetar mätdata till differentiella GPS-korrekationer. Det finns två helt oberoende bearbetningscenter som är geografiskt separerade som parallellt arbetar ständigt med att ta emot all mätdata och korrigeringar som skickas till kommunikationslänksanläggningarna för satelliterna. Dessa bearbetningscenter är även kontrollcentraler för StarFire där systemoperatörerna övervakar och hanterar StarFire.
- Mobila dubbelfrekvensmottagare av hög kvalitet som minskar jonsfäriska effekter som är den största felkällan hos en GPS. Dessa kan placeras ut på strategiska ställen vid böndernas åkrar och har en räckvidd på upp till 12 km.
- Geostationära satelliter används för att fördela korrigeringar till användarna via L-band frekvenser. Det finns tre INMARSAT geostationära satelliter som täcker mesta delen av jorden, mellan nord 76 grader och syd 76 grader.

Sedan 2013 säkerställs StarFires funktion med ett system som kallas Rapid Recovery. Med hjälp av detta system minskade man omstartstiden från 45 minuter till bara 5 minuter då StarFire tappade signalen med satelliterna. Signalstörningarna kan bero på skuggor, broar eller andra hinder. Med hjälp av Rapid Recovery kan StarFire vara utan GNSS-signal i upp till tre minuter för att återfå centimeter noggrannheten inom två till fem minuter. (GPS World, 2013)

Över 60 procent av John Deeres traktorer har deras AutoTrac-system eller liknande automatiserade system och finns i över 100 olika länder runt om i världen. Starfire har även används i offshorebranschen som positioneringshjälpmedel. (Tobe, 2015) (John Deere, 2015)

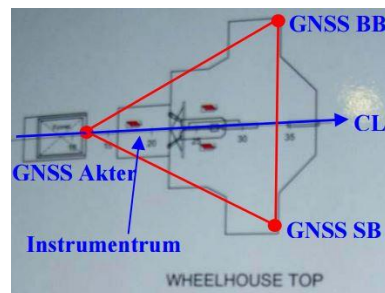
### **2.3.2. SWEPOS**

Svenska lantmäteriet har ett eget stödsystem för satellitpositionering inkluderande cirka 300 fasta referensstationer med satellitmottagare över hela Sverige.(en på Åland), som tar emot signaler från GNSS-systemet (GPS, GLONASS och Galileo). Via dataförbindelser skickas satellitobservationerna till driftledningscentralen vilket pågår oavbrutet varje sekund året runt. Positioneringsnoggrannheten varierar på användarens

krav men med avancerad GNSS-utrustning kan centimeternivå uppnås. (Lantmäteriet, 2015)

Sjöfartsverket har gjort en undersökning om hur mycket ett fartyg i Mälaren (mellan Södertälje och Köping) utsätts för squateffekten vid olika farter och farledsdjup.

För att kunna få en mycket precis positionering har man använt sig av SWEPOS nätverks-RTK som är en avancerad satellitbaserad positionering som möjliggör en noggrann dynamisk tredimensionell positionering av fartyg. Detta med hjälp av tre stycken satellitantenner som sitter i en triangel uppe på bryggan som gör att man kan räkna ut trim, slagsida och stävad kurs (se figur 5). (Sjöfartsverket, 2008)



Figur 5 Placering av GNSS mottagare (Sjöfartsverket, 2008)

Under testerna som utfördes under sju resor varav tre på fullt djupgående, tre i barlast och en i halv last så uppnådde man en generell noggrannhet av bättre än fem centimeter i höjddled och tre centimeter i horisontalled. De hade dock problem med täckningen under en resa då de tappade GSM förbindelsen. (Sjöfartsverket, 2008)

Denna undersökning utfördes under år 2007 och enligt den så skulle täckningen, pålitligheten och noggrannheten öka vid införande av nyare teknik som 3G. (Sjöfartsverket, 2008). Idag finns det bättre teknik än vad de då visste skulle utvecklas, som 4G och utvecklingen går mot 5G.

### 2.3.3. Laser radar

Laser RADAR är ett alternativt positioneringssystem till DGPS, men även ett extra hjälpmedel för en noggrann och säker positionering. Systemet fungerar med hjälp av en automatiskt roterande laser som letar efter ett fast mål monterat på ett annat fartyg eller iland. Lasern mäter då bäring och avstånd till målet och skickar vidare informationen till fartygets DP-system, för att kunna få en relativ positionering. (Measurement Devices Ltd, 2012)



Systemet har en räckvidd på ca 2000 meter med en noggrannhet på 20 cm. Denna typ av system har använts inom offshoreverksamheten länge för att underlätta lastning och lossning mellan fartygen och plattform. (Measurement Devices Ltd, 2012)

### 2.3.4. Sensorsystem

De roterade sensorer vi har studerat använder sig utav Light Detection and Ranging



Figur 6 LIDAR (LIDAR-UK, 2016)

(LIDAR) som är väldigt likt ett ekolod i funktionen. Men istället för ljudvågor så använder man sig utav laserljus som mäter avståndet till objekten genom att mäta tiden det tar för ljuset att reflekteras tillbaka till

sensorerna. I figur 6 ser man en bild tagen med LIDAR. Detta system används på bl.a. flygplan, landstationer och fartyg för att få en mycket detaljerad bild av terräng både under och över vattenytan. (LIDAR-UK, 2016)



Figur 7 NSO Crusader (Munin, 2012)

Tillämpningen av sjövägsregler enligt COLREG har testats ombord på norska kustbevakningens M/S Crusader som är cirka 70 m lång och 28 m hög. Detta fartyg utrustades med de roterande sensorerna och dagsljuskamerorna samt infraröda kamerorna som är tänkta för de autonoma fartygen i framtiden. Se fartyget i figur 7. (Munin, 2012)

Testet utfördes på norska kusten i lugn sjö och vind samt god sikt. Föremålen som skulle upptäckas av fartyget var en fast-rescuebåt i full fart och en orange boj. (som skulle föreställa en människa i vattnet). De större fartygen upptäcktes på 2,2 nautisk mil, båten på 1,1 nautisk mil och bojen på 0,6 nautiska mil. (Munin, 2012).

## 2.4. Autopilot

Autopiloten har en betydande del i ett autonomt system, där autopiloten ska hålla kursen som man antingen har angivit manuellt eller som finns på en förprogrammerad rutt i radar eller i ECDIS. De avancerade autopiloterna kan ta hänsyn till yttre faktorer såsom vind, ström och vågor och ändå bibehålla den önskade kursen med minimala avvikelser. En autopilot kan användas med flera olika inställningar som: (Wallin, 2014)

Heading mode – där man ställer in den efterstävade kursen som skall hållas, men då tas ingen korrektion för avdrift i beaktande.

Course mode – där man ställer in den kursen man vill hålla och då korrigeras kursen för avdrift. Detta läge förutsätter att man har en dopplerlogg för mätning av fartygets rörelser längskepps och tvärskepps samt att man har en kompass.

Track mode – där man ställer in en förprogrammerad rutt som man vill att fartyget ska gå efter och då ser autopiloten till att rutten följs och då tas även avdriften i beaktande. När man använder sig utav *track mode* kommer inte fartyget följa rutten helt automatiskt utan man måste kvittera ett alarm vid varje kursändring för att systemet ska anses som säkert.

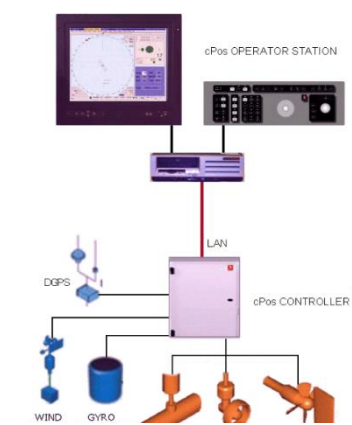
Speed Pilot – en funktion där man kan ställa in olika farter för olika delar av rutten, där det t.ex. är fartbegränsningar eller andra hinder såsom grunt vatten och trånga passager.

## 2.5. Dynamic Positioning-system

Ett DP-system är ett styrsystem där flera olika navigations- och drivningssystem är integrerade i ett system för att underlätta fartygets navigering och positionering då fartyget skall hålla en så noggrann position som möjligt. Med hjälp av systemet kan också en rutt följas.

Det som behövs för att systemet skall fungera är DGPS, vindsensor, gyrokompass, roder, bog- och akterpropeller och propellrar enligt figur 8. Det finns olika nivåer av DP-system där olika grader av back up-system krävs.

(Kongsberg, 2016)



Figur 8 (Kongsberg, 2016)

DP-systemen används mest inom offshore-industrin men börjar även användas mer och mer ombord på andra typer av fartyg såsom kryssningsfartyg, tankers och större fritidsbåtar. (Kongsberg, 2016)

## 2.6. Förtöjningssystem

För att förtöja dagens vägfärjor under drift används ibland bara låsningar i ramperna som vid tilläggnings hakar i motsvarande låsningar vid färjelägena. På så sätt hålls färjan kvar vid lastning och lossning, men för att inte driva iväg används även maskineriet för att trycka färjan mot kajen och bibehålla linjeringen emot kajen. Många av de större vägfärjorna har inga låsningar utan ligger endast och trycker emot färjeläget för att hållas på plats.

Som ett ytterligare hjälpmedel används idag automatiska förtöjningssystem som helt eliminerar förtöjningstrossar, genom att bruka stora vakuumpuddar som med hjälp av hydraulisk kraft skapar ett undertryck mellan fartygets skrov och kudden. Detta system har använts i till exempel Melbourne för att förtöja RO-RO fartyg i över 10 år (se figur 9). (Cavotec, 2011)



Figur 9 Här visas Cavotecs förtöjningsanordning. (Cavotec, 2011)

## 2.7. Paralleller till andra transportslag med automatisk drift

I detta kapitel går vi igenom olika autonoma samt automatiska fordon och redskap som redan finns idag. En del av dessa är under utveckling fortfarande och andra har fungerat i flertalet år.

### 2.7.1. Bilar



Figur 10 Googles autonoma bil (Lomas, 2015)

Idag har man kommit väldigt långt med utvecklingen av självgående bilar som redan har testats ute i trafiken med goda resultat. Bland annat har Google konstruerat självgående bilar som testats på gatorna i USA. Bilarna är utrustade med roterande sensorer som kan upptäcka hinder så långt som två fotbollsplaner (~220m) bort i alla riktningar. De navigerar med hjälp av kartor, GPS och sensorer (se detaljerad beskrivning i bilaga 1). (Norberg, 2014)

Volvo kommer tätt efter då de annonserat att de skall börja testa sina självgående bilar på Göteborgs gator år 2017. (Norberg, 2014)



*Figur 11 Holländsk autonom buss (Melin, 2015)*

I Holland ska man i november 2015 öppna en reguljär busslinje där fordonen framförs utan förare där navigeringen utförs av GPS men för ökad säkerhet så är bussarna utrustade med radar, laser och kameror för att upptäcka hinder såsom fotgängare och andra bilar. I figur 11 ser man hur bussarna planeras se ut. (Melin, 2015)

De har även en bemannad kontrollcentral för att öka säkerheten ytterligare. Under rusningstrafik eller dåligt väder skall de dock inte framföras. (Melin, 2015)



*Figur 12 Daimlers autonoma lastbil som är i drift i Nevada (Futuretimeline.net, 2015)*

I Nevada, USA har man fått tillåtelse att trafikera vägarna med självgående lastbilar där föraren sitter med som kontrollant. Lastbilen styrs med samma teknik som de andra förarlösa fordonen på land d.v.s. med GPS, radar och diverse kameror. (se figur 12) (Grobart, 2015)

Systemet är konstruerat så att ifall det skulle uppkomma hinder som systemet inte klarar av att hantera så bes föraren ta kontroll inom 20 sekunder. Detta system medför en mer ekonomisk körning då accelerationer och retardationer görs av datorn ombord.

Tillverkarna anser också att man kommer ifrån de mänskliga bristerna som till exempel trötthet, bristande koncentration på grund av telefonsamtal, mailläsning, alkohol- och narkotikapåverkade förare samt att man slipper stanna vid matraster. Dessa problem är inte helt lösta idag då föraren ännu måste finnas ombord men trötthet och överansträngning minskas då föraren inte behöver sitta och koncentrera sig på körningen hela tiden. (Grobart, 2015)

Enligt Bernhard, (2015) hos Daimler's Freightliner, uppkommer cirka 90 procent av olyckorna involverande lastbilar på grund utav förarfel; en av åtta av dessa 90 procent är på grund av trötthet.

Enligt Daum (2015), chef för Daimler's Freightliner i Nordamerika kommer föraren att agera som en logistikchef som övervakar de automatiska systemen, pratar med trafikledare och kör lastbilen på ställen som städer. I figur 13 visas en prototyp av Daimler's autonoma lastbil. Eftersom lastbils transporter ökar på grund av de ökade online-köpen behövs det en ekonomisk och miljövänlig lösning. (Grobart, 2015)



Figur 13 Daimlers tyska mercedes (Technonerdsblog, 2015)

## 2.7.2. Flyg



Figur 14 Boeing 777 (Tophding, u.d.)

Även inom flyget hittar vi autonoma farkoster; dagens flygplan gör i stort sett allting själva. De både lyfter, landar och navigerar till destinationen helt automatiskt.

I en nyligen gjord undersökning gjord av Cummings (2015) bland piloter på Boeing 777 styrde piloterna i genomsnitt bara 7 minuter av hela resan, rapporterar NY Times i deras artikel skriven av John Markoff (2015). Piloterna som flög Airbus spenderade bara hälften av den tiden till att styra planet. Ett Airbus flygplan vet tillräckligt för att inte flyga in i ett berg, säger Markoff (2015), professor vid Massachusetts Institute of Technology i flygteknik och astronautik.



Figur 15 F-16 stridsflygplan (Defense Industry Daily, 2015)

Pentagon har redan utvecklat ett automatiserat system i F-16 stridsflygplan, The Auto Collision Ground Avoidance System som räddade ett flygplan i november 2014 under ett uppdrag emot Islamiska Statens styrkor. I figur 15 visas två stycken F-16 stridsflygplan. (Markoff, 2015)

Pentagon har även investerat kraftigt i robotflyg. Från 2013 hade de cirka elvatusen drönare i sin militära arsenal. Men drönarna är nästan alltid radiostyrda istället för autonoma vilket betyder att de styrs från en cockpit-liknande station i säkerhet ifrån fienden. I figur 16 visas en Amerikansk stridsdrönare. (Markoff, 2015)



*Figur 16 Amerikansk stridsdrönare (Templeton, 2013)*

NASA utforskar möjligheten med att ta bort andre piloten och ersätta denne med en landbaserad operatör som övervakar upp till ett dussin flygplan på samma gång. Det skulle vara möjligt för operatören att ta kontroll över ett enskilt plan och landa det om behovet uppstår. (Markoff, 2015)

Även om flygplanen kan bli mer automatiserade i framtiden tror inte Dr. Cummings att kommersiella flygplan någonsin kommer övergå till helt förarlösa drönare. Detta på grund av att en pilot kan både höra, lukta och se eventuella problem som kan uppstå ombord. (Markoff, 2015)

### **2.7.3. Gräsklippare**

Självgående gräsklippare har funnits i årtal nu. Tekniken är den samma i dessa som i de större jordbruksmaskinerna. De mindre gräsklipparna går inom ett avgränsat område som skapas av sändningspunkter man sätter ut runt sin gräsmatta, men dessa klippare har inga sensorer eller radar som gör att maskinen ”ser” utan dessa kör i ett slumpmässigt mönster och kör in i föremål som är i vägen för den, innan de vänder. De större gräsklipparmaskinerna fungerar exakt som de självgående traktorerna med Differentiell GPS och diverse sensorer. (Husqvarna, 2015)

#### 2.7.4. Linfärjan Linus

På en ö i Mälaren har en av författarna en liten linfärja som går mellan fastlandet och ön. Det är ca 200 m över och färjan kan lasta två bilar eller ca 11 ton. Den drivs av en dieselmotor som driver en hydraulpump som sitter på ett linhjul.

Vad som skiljer sig en del mot denna och andra typiska vajerfärjor är att den har bara en vajer i mitten som både styr och driver. Detta var något som ingen av färjeförarna trodde på, men det har visats fungera i cirka 10 år nu. Det som kanske skiljer sig mest och som kan passa in på detta arbete är att den är fjärrstyrd, den styrs alltså av en liten fjärrkontroll som man har med sig i bilen eller har den i huset och styr därifrån.

Detta har fungerat förvånansvärt bra med tanke på att, vad de vet finns det inte något annat liknande system. Detta system skulle man dock kunna göra mycket mer automatiserat ganska enkelt, men dock till en betydande kostnad som känns onödig i sammanhanget.

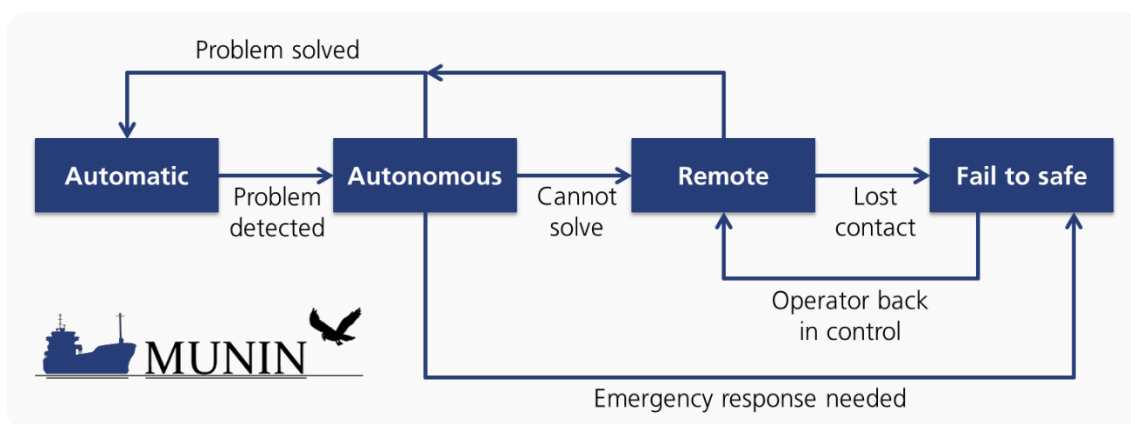


Figur 17 Linfärjan Linus

Färjan körs så länge det går på vintern genom att ha bubblslangar på botten som får grundvattnet att stiga till ytan och smälta isen. Dock eftersom det inte är så djupt (max 3 m) så går det dock inte när det blir kallare än ca 15 minus under en längre tid. Då får man köra snöskoter, fyrhjuling eller svävare vilket också fungerar men kan vara besvärligare.

#### 2.8. Övervakning av autonoma systemet

Filosofin inom MUNIN-projektet är att fartygen kommer att sända all nödvändig information till en ledningscentral iland som kan ta hand om eventuella problem som kan uppstå. Om ett större problem skulle uppstå, kan ledningscentralen ta över kontrollen av fartyget och styra det helt radiostyrt. I figur 19 ser man en förklaring över MUNINs flödesschema. (Munin, 2012)



Figur 19 MUNINs flödesschema över autonom drift. (Munin, 2012)

Om fartyget inte skulle få kontakt med ledningscentralen av någon anledning går fartyget in i ett säkerhetsläge (*fail to safe mode*) vilket är en typ av nödmanöver. Fartyget kommer alltså att stanna på ett så snabbt och säkert vis det kan. Sedan återupptas kontakten med operatören i ledningscentralen, som förmodligen kan lösa problemet som uppstått. (Munin, 2012)

### 2.8.1. 5G

Idag håller man på att utveckla nästa generations mobilnät, 5G, som i huvudsak är till för autonoma farkoster. Systemet har testats redan och uppnått mycket höga hastigheter, hela 30-50 gånger snabbare än dagens 4G-nätverk. Med 5G-täckning kan man hämta stora datamängder, som gör att navigeringen över internet blir både säkrare och stabilare. Den nya tekniken är inte bara snabbare utan även stabilare och har bättre mottagning vilket kommer att behövas om de autonoma vägfärjorna ska vara pålitliga. (Cheng, 2015)

## 2.9. Tidigare projekt inom Ålands landskapsregering

Intervjuer har gjorts med en tjänsteman på Trafikavdelningen i Ålands landskapsregering angående autonoma fartyg och autonoma vajerfärjor. Vi diskuterade kring problemen som uppstår med de autonoma fartygen, att ansvarsbiten och reglerna kan behöva ändras för att de ska tillåta att färjorna på Åland drivs utan förare. Enligt respondenten ses inte detta som ett stort hinder då Åland har egen lagstiftningsmöjlighet angående färjor.



Landskapsregeringen har undersökt och försökt hitta lösningar för att införa autonoma vajerfärjor. Ett exempel som togs upp var att ha färjan gå efter en kabel på botten som fungerar som ett positioneringssystem. Förmodligen kommer man införa autonom drift på vajerfärjor till en början då det är enklast med tanke på ändrande av lagstiftning och tekniska aspekter. (Eriksson, 2015)

Vi diskuterade även kring vad man skulle tjäna på att ha autonoma färjor. Det man sparar in på direkt är lönekostnaderna men förmodligen skulle det kosta en hel del att investera i de systemen som krävs. Även vilotiderna är svåra att hålla och då vore det intressant att kunna låta de lite större skärgårdsfärjorna köras autonomt åtminstone på öppnare vatten som till exempel över Skiftet. (Eriksson, 2015)

En annan intressant aspekt är huruvida det uppstått några olyckor eller tillbud på grund av mänskliga fel och ifall dessa kunde undvikas med autonoma färjor. Respondenten trodde inte de autonoma färjorna skulle lösa sådana situationer utan att det kunde ske samma slags tillbud även med dem.

Under mötet kom vi fram till att idag finns den tekniken att man skulle kunna göra vajerfärjorna förlösa med sensorer och kameror. Det framkom att vissa rederier redan har onlinecheck på sina fartyg där de kan se och höra precis vad som sker ombord. De får larmen som uppstått ombord in till sina datorer iland.

Kontaktpersonen tipsade om att vi skulle ta kontakt med en annan sakkunnig person då han har hand om det tekniska på deras avdelning och har erfarenhet och kunskap inom ämnet. Vi blev även tipsade om DNV:s projekt inom autonoma fartyg,

### 3 METOD

I detta kapitel så berättar vi hur vi har gått till väga när vi tagit fram information till detta arbete.

Vi har till största del gjort undersökning på olika positioneringssystem, övervakningssystem samt gällande lagar och regler på internet, genom att studera artiklar och arbeten som skrivits inom detta ämne. Eftersom detta är ett relativt nytt område så finns det inte så mycket information om hur just autonoma vägfärjor skall förverkligas, utan vi har fått fundera på vad som skulle kunna appliceras på detta område. Det finns trots allt en del undersökningar och projekt som inriktar sig på autonoma farkoster och dessa har vi studerat och tagit stöd av. De flesta är inriktade på landbaserade fordon men det finns även projekt med inriktning i handelssjöfarten som inte riktigt är klara ännu. Dessa inkluderar Rolls Royce och De Norske Veritas som tagit fram bra förslag på lösningar av problemen med autonoma fartyg.

Intervjuer har gjorts under hösten 2015 med Trafikavdelningen på Ålands landskapsregering angående autonoma fartyg och autonoma vajerfärjor. Då diskuterades det kring problemen som uppstår med de autonoma fartygen, att ansvarsbiten och reglerna kan behöva ändras för att de ska tillåta att färjorna på Åland drivs utan förare.

Vi har även intervjuat vice rektor på Högskolan på Åland då denna person har bra kunskap angående detta ämne och fått många bra tips och idéer på hur man skulle få olika system att fungera.

Vi har under våren 2016 kontaktat företag med olika positioneringstjänster och hårdvaror för att få information och prisuppgifter om vad som behövs för att kunna positionera modellfärjan som vi beskrivit i kapitel 2.1.

Beaktande av forskningsetiska frågor enligt Vetenskapsrådet (2011) har tagits i detta arbete. Innan intervjuerna började informerades respondenterna om etiska riktlinjer som gäller för en vetenskaplig intervju. Det betyder att respondenterna fick veta vad vi hade för syfte med undersökningen och intervjun, att intervjun är frivillig och kan avbrytas eller väljas att inte tas med i undersökningen. Resultaten som framkommit från intervjuer är anonyma och kommer bara brukas i syftena som ingår i detta arbete.

## 4 RESULTAT

I detta kapitel kommer vi att redogöra för våra resultat i form av möjligheter och hinder. Vi tar upp möjligheter och hinder när det gäller positionering, styr- och alarmeringssystem, drift, COLREG, förtöjning och juridiska aspekter.

### 4.1. Möjligheter och hinder

#### 4.1.1. Positionering

För en mer exakt positionering av fartyget används Differentiell GPS, som använder sig av fasta referensstationer för att öka noggrannheten. Detta har använts länge och används än idag för navigering både till sjöss och på land.

När en vanlig DGPS används av de flesta fartygen idag är inte noggrannheten och pålitligheten lika stor som om man hade ett helt oberoende system med flera fasta stationer nära färjans rutt. På så sätt skulle inte färjan få några störningar av föremål såsom holmar, dåligt väder och andra signaler. Som ett backupsystem till DGPS:en skulle det vara bra att ha några stycken fasta referenser för laserradarn, placerade på lämpliga platser så lasern kan se dem.

Vi har varit i kontakt med SWEPOS där vi frågade om det finns en positioneringstjänst som är lämplig för färjan som vi undersöker och vad den tjänsten skulle kosta. Vi beskrev sträckan som färjan skulle färdas och beskrev att vi trodde det skulle vara lämpligt med 4 stycken referensstationer. Svaret vi fick av SWEPOS var att det skulle fungera bra med nätverks-RTK teknik för att positionera färjan, då noggrannheten i tekniken ligger på några centimeter vilket räcker till för den här tillämpningen. De nämner att man skulle behöva ta med i beräkningarna vad som behövs för backupsystem ifall GNSS-systemet på något sätt slutar att fungera. Om GNSS-mottagaren tappar kommunikationen så att korrektionsdatan inte fås blir mätosäkerheten ca 5-10 meter.

För att utnyttja nätverks-RTK krävs det att färjans mottagare även får korrekationer för satelliterna via nätverks-RTK-tjänsten. Anslutning mot tjänsten sker normalt via mobilt internet. Enligt personen från SWEPOS är det inte nödvändigt med 4 stycken fasta

referensstationer utan det skulle förmodligen räcka med en station beroende på hur det ser ut med stationer i området idag.

SWEPOS har inte täckning öster om Åland men tar data från en station på Åland i Godby för att få en bra täckning i svenskt farvatten. Därför rekommenderade de att vi skulle ta kontakt med finska lantmäteriet som driver ett finskt nät av GNSS-stationer. De rekommenderade även andra leverantörer som Leica Geosystems, Cartesia GIS AB, Norsecraft Geo AB, Caliterra, Trimtec, Forest IT Design och Geotrim.

Ett årsabonnemang på SWEPOS nätverks-RTK-tjänst kostar 15 000 kr/år/användare. Detta är alltså bara för att få bruka deras nätverk så det ingår ingen hårdvara. (Wiklund, 2016)

Den leverantör av hårdvara för RTK-tjänster som vi har varit i kontakt med är Cartesia som erbjuder en produkt som heter SatLab C, SLC, vilket är en mottagare för RTK-tjänst som släpptes under april månad (2016) och kostar ca 70 000 svenska kronor.

#### **4.1.2. Styr- och alarmeringssystem**

Idag finns det vajerfärjor som har vajern som drivning och styrning men det vanligaste är att man endast har vajern som styrning men det räcker oftast inte riktigt till. På längre sträckor och vid hårt väder måste man oftast hjälpa till med drivningssystemet ombord för att hålla upp mot vinden, om färjan är utrustad med ett sådant.

Detta betyder att man skulle kunna ta bort styrvajern och ersätta den med ett exakt positioneringssystem då det enda vajern egentligen gör i många fall är att minska besättningskraven. Men eftersom en människa har svårt att exakt följa kurslinjen utan elektroniska hjälpmedel, så är ett DP-system eller motsvarande styrsystem som kan motverka yttre påverkan på fartyget genom att använda fartygets framdrivningssystem ett bra alternativ. Eftersom modellfärjan har två stycken 360 graders propelleraggregat så fungerar det mycket bra ihop med ett DP system.

För att kunna genomföra konverteringen av vägfärjan till autonom så behövs det mer än ett pålitligt styr- och positioneringssystem. Det behövs även olika typer av nivåer på

alarmeringssystem som alarmerar till exempel ifall färjan hamnar utanför sitt körområde, då kommer det ett alarm hos övervakaren ombord (se figur 19 i kapitel 2.8). Om mot förmodan övervakaren inte skulle uppfatta eller vidta åtgärd för detta så träder nästa alarmeringsnivå in och då finns det back-upsystem som automatiskt kan få färjan på rätt kurs, minska farten eller rentav stanna fartyget med hjälp av nödankring. (Munin, 2012)

Den vajerlösa vajerfärjan kommer att gå enligt en bestämd rutt där man lagt de olika nivåerna på alarmeringszonerna längs ruten som följs med hjälp av autopiloten ombord. Där det är trängre passager så ska färjan minska farten med autopilotens speedpilot så man kan passera säkert förbi det trånga området. Vid ankomst till det trånga området meddelar alarmeringssystemet övervakaren ifall systemet inte lyckas sänka farten tillräckligt och det kommer upp ett meddelande att fartyget håller för hög fart samt ett meddelande att man manuellt skall sänka farten.

#### **4.1.3. Drift**

För att tidigt upptäcka tecken på nedbrytning och haveri av delar behövs nya och mer noggranna sensorer som möjliggör service och lagning under hamnvistelserna. Driften av en autonom vägfärja skulle inte behöva lika avancerade övervakningssystem för maskineri och styrning som för större fartyg, utan det skulle möjligtvis räcka med en servicetekniker som kontrollerar systemet och maskinen med jämna intervaller.

#### **4.1.4. COLREG**

Systemet kommer att behöva kunna göra lagenliga manövrar enligt COLREG för att kunna möta mänskligt styrda fartyg eller föremål som ligger i vattnet, men eftersom lagtexten är relativt komplex för en dator att förstå då den grundar sig på gott sjömanskap kan det vara svårt att tillämpa.

Upptäcktsavstånden under testet ombord på NSO Crusader var tillräckliga för att kunna appliceras på autonoma vägfärjor, då avstånden till land och andra hinder sällan är stora samt är farterna inte så höga. Men tester måste även utföras på natten och vid diverse väderförhållande för att kunna betraktas som säkra.

Dessa system kan i alla fall appliceras på fartyg redan idag för att öka säkerheten under vakten, genom att minska påfrestningar på besättningen. Dessa kameror/sensorer kan se på natten, och kan upptäcka till exempel små flytande föremål, vilket en radar har svårt att göra.

#### **4.1.5. Förtöjning**

Vid tilläggning av färjan så behövs de mer exakta sensorerna som kommunicerar med fasta givare på land, speciellt när klaffen skall läggas ner. Vid förtöjningen så finns det redan idag automatiska förtöjningssystem som ersätter trossarna, som till exempel Cavotecs automatiska vakuumpuddar.

#### **4.1.6. Juridiska aspekter**

De juridiska hinder som finns idag är att lagstiftningen inte är formad på så sätt att den skulle ge utrymme för fartyg utan besättning. Lagstiftningen behöver omskrivas på ett sätt där de autonoma fartygen läggs till i texten och man tydligt redogör för vem som bär ansvaret för en eventuell olycka eller kollision. Även bemanningsförordningen måste omformuleras.

Den nuvarande landsvägslagen i Finland gör det dock möjligt att konvertera en frigående färja till en ”vajerlös vajerfärja”, som med hjälp av en godkänd anordning av Trafiksäkerhetsverket ersätter styrvajern.

I den finska landsvägslagen 23.6.2005/503 paragraf 6 står det följande:

*Till en landsväg hör också färja med färjeled och färjeläge. En färja kan styras med hjälp av styrlinor eller annan ersättande anordning som Trafiksäkerhetsverket har godkänt (vajerfärja) eller vara en frigående färja. (22.12.2009/1242)*

Detta möjliggör att man skulle kunna ha en vägfärja som är registrerad som en vajerfärja men ersätta vajern med någon annan anordning som ersätter vajern. Med tanke på att den färjan som vi tar som exempel skulle gå som en vajerfärja enligt finska reglerna så skulle man kunna minska besättningen till endast en person. Då skulle denna person endast åka med och kontrollera systemet och vara till hjälp vid en eventuell nödsituation.

Eftersom Åland har egna regler gällande vägfärjor så skulle det till och med kunna vara möjligt att ändra på dem så att man skulle få en helt autonom vägfärja.

Självklart skulle detta bli dyrare och mer komplicerat då man skulle behöva övervakningssystem som upptäcker hinder.

När vi kontaktade trafiksäkerhetsverket i Finland och frågade ifall det skulle vara möjligt enligt gällande lagar med en autonom vägfärja fick vi följande svar:

*Landsvägslagen sägs inte nej till automatisk vägfärja, men det är också mycket mera att tänka på när man planerar sin färja. Man måste se till att färjan fyller alla tekniska krav och hur färjan fungerar utan bemanning.*

(Uttula, 2016)

## 5 DISKUSSION

I detta kapitel diskuterar vi våra resultat.

Man kunde använda sig av den mycket beprövade och fungerande systemet StarFire från John Deere som ett sätt att positionera sig på sträckorna mellan färjelägena. Detta system skulle användas på ”öppet vatten” och inte hela vägen till land. Närmare färjeläget övergår styrningen av färjan till mer exakta sensorer och kameror.

Vid risk för kollision med andra fartyg eller hinder kommer det behövas sensorer liknade de i det autonoma testet utfört av MUNIN ombord på NSO Crusader, som kan upptäcka små hinder och reagera på upp till 0,6 nautiska mils avstånd.

Vid angöring av färjan behövs de mer exakta sensorerna som kommunicerar med fasta givare på land, speciellt när klaffen skall läggas ner. Vid förtöjningen finns det redan idag automatiska förtöjningssystem som ersätter trossarna, som till exempel Cavotecs automatiska vakuumpuddar.

Det största problemet vi ser är hur bra och säkert systemet för upptäckande av hinder skulle fungera. Därför tror vi att det med störst sannolikhet skulle behövas en besättningsman som övervakar systemet. Dock är nog detta inget problem vid mycket korta överfarter, där det inte vistas så mycket folk som skulle skapa hinder för vägfärjan.

Om besättningsmännen ska ersättas med datorer så kommer man behöva en lösning som fungerar med lagsystemet eller att man måste ändra på lagen. I Sverige har trafikverket fått tillåtelse att köra sina största färjor som är ca 100 m på två personer tack vare modern teknik.

Hur man hanterar en nödsituation skulle också behöva uppdateras då man idag har besättning som hanterar detta. En nödsituation skulle man också kunna styra från land med fartygets PA-system där man förklarar för passagerarna vad som har skett och vad de ska göra. Ett sätt för att kunna trafikera autonoma vägfärjor är att få passagerarna att vara insatta i säkerhetsorganisationen på något sätt, till exempel att be passagerarna bekanta sig med säkerhetsföreskrifterna ombord.



## **5.1. Vilka tekniska möjligheter och hinder finns det?**

I vår undersökning har vi kommit fram till att det skulle vara fullt möjligt med dagens teknik att konstruera autonoma fartyg. Det som måste göras är att ta de olika komponenterna för positionering, styrning, förtöjning och bevakning (sensorer) som vi undersökt och sätta ihop dem till något som är applicerbart inom sjöfarten.

Dock finns det saker som skulle behövas förbättras och testas innan man kan använda dem till sjöss, t.ex. hur sensorerna i bevakningssystemet kan upptäcka hinder vid olika väderförhållanden. Vi ser inget hinder med att de problem som finns idag inte skulle kunna lösas inom en snar framtid.

## **5.2. Vilka fördelar/ nackdelar kan det medföra med autonoma vägfärjor?**

### **5.2.1. Fördelar**

- Det första som man tänker på är att lönerna för besättning minskas och om allt fungerar som det ska så ska olyckorna minska.
- Bunkerkostnader minskar då man förmodligen kommer att sänka farten på vägfärjan då det inte finns någon besättning som behöver raster och tack vare att man får en jämnare körstil med det autonoma systemet.
- Slitaget på fartyget minskar till följd av den minskade farten och den jämnare gången.

### **5.2.2. Nackdelar**

- Inköpskostnaderna nu blir högre för fartygen med den avancerade tekniken.
- Ingen finns ombord som kan fixa eventuella fel när fartyget är till sjöss, exempelvis något fel i maskinen.
- Eftersom det är människor som programmerar fartygen så kommer nog inte den mänskliga faktorn elimineras fullständigt.
- Förmågan att undsätta nödställda till sjöss försvagas.
- Det blir svårigheter att implementera sjövägsreglerna till en dator då många reglermässiga åtgärder grundar sig på gott sjömanskap.

### 5.3. SLUTSATS

Vi har kommit fram till att det finns välutvecklad teknik inom den autonoma sektorn, vilket gör det fullt möjligt att inom snar framtid utveckla en delvis autonom vägfärja eller en helt autonom vägfärja för att antingen minska belastningen på besättningen ombord eller eliminera dem helt.

Eftersom kostnaderna för positioneringstjänsten och hårdvaran för tjänsten inte är så höga ser vi att det skulle vara ekonomiskt försvarbart att använda sig av denna tjänst, dock räcker det ju inte med att veta sin position. Man kommer också att behöva utveckla ett bra och pålitligt styrsystem som fungerar ihop med de nödvändiga system vi har beskrivit i detta arbete.

Även fast det finns bra system som kan hålla en kurs och t.o.m. följa en rutt som exempelvis DP-systemet klarar av, så är de inte utformade för att få in data som gör att fartyget undviker kollision, saktar in och lägger till färjan, sköter lastning och lossning eller vet om man har problem med maskineriet. Det är just detta som kommer vara den stora utmaningen och kostnaden för dem som förhoppningsvis i framtiden kommer designa och utveckla en autonom vägfärja.

Det juridiska sätter gränser på vad som är möjligt för autonoma vägfärjorna internationellt sett men som vi nämnt i arbetet ger finska lagarna utrymme för autonoma vägfärjor då vajern kan ersättas med ersättande anordning som i detta fall skulle vara ett autonomt system.

De flesta som använder sig utav en dator idag vet att den är långt ifrån felfri. Det uppstår ganska ofta buggar och andra driftstörningar som gör att man inte kan lita på ett datorsystem fullt ut.

Det finns ofta minst ett back-up system för att förhindra att man helt tappar kontrollen av fartyget. Det kommer förmodligen vara ett krav på de autonoma vägfärjorna, vilket kommer att medföra extra kostnader för de som äger färjorna. Dock kommer det att löna sig i längden då man minskat eller rentav eliminerat andra kostnader som till exempel löner.

# KÄLLFÖRTECKNING

- Bernhard, W. (2015). *daimler-s-freightliner-tests-self-driving-truck-in-nevada*. Retrieved from Bloomberg: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-05-14/daimler-s-freightliner-tests-self-driving-truck-in-nevada>
- Cartesia. (2016, februari 22). Säljare. (M. Thiger, & H. Nukari, Interviewers)
- Cavotec. (2011). *Automatiska förtöjningssystem för fartyg MoorMaster*. Retrieved from Cavotec.com: [http://www.cavotec.com/se/hamnar-och-sjofart/automatiska-fortojningssystem-for-fartyg\\_36/moormaster%E2%84%A2-i-400\\_43/](http://www.cavotec.com/se/hamnar-och-sjofart/automatiska-fortojningssystem-for-fartyg_36/moormaster%E2%84%A2-i-400_43/)
- Cavotec. (2011, juni 23). *Cavotec secures milestone order for 24 MoorMaster™ automated mooring systems*. Retrieved from mynewsdesk.com: <http://www.mynewsdesk.com/cavotec/pressreleases/cavotec-secures-milestone-order-for-24-moormaster-automated-mooring-systems-ports-automation-mooring-654629>
- Cheng, R. (2015, september 8). *Verizon to be first to field-test crazy-fast 5G wireless*. Retrieved from Cnet: <http://www.cnet.com/news/verizon-to-hold-worlds-first-crazy-fast-5g-wireless-field-tests-next-year/>
- Cummings, M. (2015, februari). *It's Time for Robot Pilots*. Retrieved from Motherboard.vice.com: <http://motherboard.vice.com/read/its-time-for-robot-pilots-germanwings-crash>
- Daum, M. (2015). *Bloomberg*. Retrieved from Buisness: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-05-14/daimler-s-freightliner-tests-self-driving-truck-in-nevada>
- Defense Industry Daily. (2015, juli 15). *The New Iraqi Air Force: F16IQ Block 52 Fighters*. Retrieved from Defenseindustrydaily.com: <http://www.defenseindustrydaily.com/iraq-seeks-f-16-fighters-05057/>
- Digital Ship. (2013, 04). The Unmanned Vessel. *Digital Ship*, p. 34.
- Eriksson, M. (2015, oktober 23). Teknisk Inspektör, Rederiet, Ålands Landskapsregering. (N. H. Thiger Markus, Interviewer)
- Farm-Equipment.com. (2011, februari 8). *Ahead of the Curve: 'Autonomous' Tractors are on the Horizon*. Retrieved from Farm-Equipment.com: <http://www.farm-equipment.com/articles/5524-ahead-of-the-curve-autonomous-tractors-are-on-the-horizon>

- Fonecta. (2016). *kartat*. Retrieved from fonecta.fi:  
<https://www.fonecta.fi/kartat/Jurmo,%20BR%C3%84ND%C3%96?lon=21.065199597939937&lat=60.50970425078547&z=15&l=NAU>
- Futuretimeline.net. (2015). *The first licenced autonomous driving truck in the US*. Retrieved from Futuretimeline.net:  
<http://www.futuretimeline.net/blog/2015/05/7.htm#.VruVdFjhCUk>
- GPS World. (2013, Juni 17). *NavCom Introduces Starfire Rapid Recovery*. Retrieved from Gpsworld.com: <http://gpsworld.com/navcom-introduces-starfire-rapid-recovery/>
- Grobart, S. (2015, Maj 14). *Daimler's Freightliner Tests Self-Driving Truck in Nevada*. Retrieved from Buisness: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-05-14/daimler-s-freightliner-tests-self-driving-truck-in-nevada>
- Hatch, R., Sharpe, T., & Galyean, P. (2002, Oktober 30). *StarFire A Global High Accuracy System. (Paper 1.6). C&C Technologies*. Retrieved from Cnavgnss.com:  
<http://www.cnavgss.com/Files/Articles/StarFireAGlobalHighAccuracySystem.pdf>
- Husqvarna. (2015). *Robotic Lawn Mowers*. Retrieved from Husqvarna.com:  
<http://www.husqvarna.com/us/products/robotic-lawn-mowers/>
- IMO. (2015). *COLREG*. Retrieved from imo.org:  
<http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/COLREG.aspx>
- IMO. (2016). *SOLAS*. Retrieved from IMO.org:  
[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)
- IMO. (2016). *Structure of IMO*. Retrieved from IMO.org:  
<http://www.imo.org/en/About/Pages/Structure.aspx>
- John Deere. (2015). *StarFire™ 3000 Receiver*. Retrieved from deere.com:  
[https://www.deere.com/en\\_US/products/equipment/ag\\_management\\_solutions/displays\\_and\\_receivers/starfire\\_3000/starfire\\_3000.page](https://www.deere.com/en_US/products/equipment/ag_management_solutions/displays_and_receivers/starfire_3000/starfire_3000.page)
- Kongsberg. (2016). *DP system*. Retrieved from Kongsberg.com:  
[www.km.kongsberg.com](http://www.km.kongsberg.com)
- Landskapsregering Åland. (2016). *Ferries*. Retrieved from Ålandstrafiken.ax:  
<http://www.alandstrafiken.ax/en/ferries/ms-doppingen>

- Lantmäteriet. (2015). *Om SWEPOS*. Retrieved from Swepos.lantmateriet.se:  
[www.swepos.lantmateriet.se](http://www.swepos.lantmateriet.se)
- LIDAR-UK. (2016). *What is LiDAR?* Retrieved from Lidar-uk.com: <http://www.lidar-uk.com/what-is-lidar/>
- Lloyd's Register Group Limited, University of Southampton, QinetiQ. (2015). *Global Marine Trends 2030*. Retrieved from lr.org:  
<http://www.lr.org/en/marine/projects/global-marine-trends-2030.aspx>
- Lomas, N. (2015, oktober 09). *dont blame the robot drivers*. Retrieved from techcrunch.com: <http://techcrunch.com/2015/10/09/dont-blame-the-robot-drivers/>
- Marioff Corporation Oy. (2014). *Marioff*. Retrieved from  
[http://www.marioff.com/brochures/marine\\_and\\_offshore/files/mobile/index.html#8](http://www.marioff.com/brochures/marine_and_offshore/files/mobile/index.html#8)
- Maritime Coastguard Agency. (2007). *SOLAS*. Retrieved from Annex 12:  
<https://mcanet.mca.gov.uk/public/c4/solasv/index.html>
- Markoff, J. (2015, april 6). *Planes Without Pilots*. Retrieved from Nytimes.com:  
[http://www.nytimes.com/2015/04/07/science/planes-without-pilots.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2015/04/07/science/planes-without-pilots.html?_r=1)
- Measurement Devices Ltd. (2012). *Fanbeam 5*. Retrieved from Visionmarine.com:  
<http://visionmarine.com.br/english//images/galerias/produtos/anexoV/Fanbeam%205.pdf>
- Melin, J. (2015, september 28). *Premiär för självgående busslinje*. Retrieved from Ny teknik: [http://www.nyteknik.se/popular\\_teknik/teknikrevyn/article3933956.ece](http://www.nyteknik.se/popular_teknik/teknikrevyn/article3933956.ece)
- Munin. (2012). *The Autonomous Ship*. Retrieved from www.unmanned-ship.org:  
<http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomus-ship/>
- Norberg, J. (2014, juni 4). *Självkörande bilar snart en verklighet*. Retrieved from Metro.se: <http://www.metro.se/kolumner/johan-norberg-sjalvkorande-bilar-snart-en-verklighet/EVHnfd!BI22ztBRLm6g/>
- Rolls-Royce.com. (2016, april 12). *AAWA project introduces the project's first commercial ship operators*. Retrieved from Rolls-royce.com: <http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-12-04-2016-aawa-project-introduces-projects-first-commercial-operators.aspx>
- Sjöfartsverket. (2008, april 01). *Mälarsquat - inmätning och kontroll av fartygs dynamiska rörelser och djupgående med stöd av RTK*. Retrieved from Transportstyrelsen.se:

[https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/dokument/malarsquat\\_inmatning\\_och\\_kontroll\\_av\\_fartygs\\_dynamiska\\_rorelser\\_och\\_djupgaende\\_med\\_stod\\_av\\_rtk.pdf](https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/sjofart/dokument/malarsquat_inmatning_och_kontroll_av_fartygs_dynamiska_rorelser_och_djupgaende_med_stod_av_rtk.pdf)

Technonerdsblog. (2015, maj 7). *one step closer to autonomous trucks*. Retrieved from Technonerdsblog.com: <http://www.technonerdsblog.com/blog/one-step-closer-to-autonomous-trucks>

Templeton, G. (2013, december 27). *DoD: To conquer nations and budgets, combat must go totally autonomous*. Retrieved from Extremetech.com: <http://www.extremetech.com/extreme/159852-dod-to-conquer-nations-and-budgets-combat-must-go-totally-autonomous>

Tobe, F. (2015, Juni 28). *As Google cars roll out, Deere reminds us of its thousands of self-driving tractors*. Retrieved from Robohub.org: <http://robohub.org/as-google-cars-roll-out-deere-reminds-us-of-its-thousands-of-self-driving-tractors/>

Tophding. (n.d.). *Boeing 777*. Retrieved from Tophding.com: <http://tophding.com/boeing-777.html>

Trafikverket. (2012). *färjerederiets årsrapport 2011*. Retrieved from Trafikverket: [http://www.trafikverket.se/contentassets/a6423cf9437d43ea8012cd71a2f796c0/2012\\_003\\_farjerederiets\\_arsrapport\\_2011\\_webb.pdf](http://www.trafikverket.se/contentassets/a6423cf9437d43ea8012cd71a2f796c0/2012_003_farjerederiets_arsrapport_2011_webb.pdf)

Uttula, A. (2016, mars 1). Ledande Sakkunnig Trafi. (M. Thiger, & H. Nukari, Interviewers)

Wallin, B. (2014). *Navigation i teori och praktik*. Stockholm: Jure Förlag AB.

Vetenskapsrådet. (2011). *God Forskningsed*. Stockholm: Vetenskapsrådet.

Wiklund, P. (2016, februari 11). Driftansvarig SWEPOS. (M. Thiger, & H. Nukari, Interviewers)

[Video på MUNIN testet \(http://www.unmanned-ship.org/munin/about/munins-test/\)](http://www.unmanned-ship.org/munin/about/munins-test/)

# BILAGOR

## Laser

This sensor gives the vehicle a 360-degree understanding of its environment so the car can sense objects in front of, beside, and behind itself at the same time, all the time. The laser also helps the vehicle to determine its location in the world.

## Processor

Information from the sensors is cross-checked and processed by the software so that different objects around the vehicle can be sensed and differentiated accurately, and safe driving decisions can then be made based on all the information received.

## Position sensor

This sensor, located in the wheel hub, detects the rotations made by the wheels of the car to help the vehicle understand its position in the world.

## Orientation sensor

Similar to the way a person's inner ear gives them a sense of motion and balance, this sensor, located in the interior of the car, works to give the car a clear sense of orientation.

## Radar

This sensor detects vehicles far ahead and measures their speed so that the car can safely slow down or speed up with other vehicles on the road.

## Safety drivers

Drivers also test the vehicles daily, reporting feedback on how to make the ride more safe and comfortable.



*Bilaga 1*

