

# AstaZero Duglighetsprojekt - Digitala Astazero

Publik rapport

Författare: Adam Eriksson och Oscar Johansson  
Datum: 2020-05-08  
Projekt inom Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehåll

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>5</b>
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>6</b>
4.1 AP1 State of the Art digitala representationer.....	6
4.1.1 Arbetspaket 1 innehåll.....	6
4.1.2 Metod/Angreppssätt .....	6
4.1.3 Leverans .....	6
4.1.4 Resultat.....	6
4.2 AP2 AstaZero i OpenDRIVE format.....	8
4.2.1 Arbetspaket 2 innehåll.....	8
4.2.2 Metod/angreppssätt.....	8
4.2.3 Leverans .....	8
4.2.4 Resultat .....	8
4.3 AP3 OpenDRIVE för tillfälliga miljöer .....	8
4.3.1 Arbetspaket 3 innehåll.....	8
4.3.2 Metod/Angreppssätt .....	9
4.3.3 Leverans .....	9
4.3.4 Resultat .....	9
4.4 AP4 Öppen data för AstaZero.....	10
4.4.1 Arbetspaket 4 innehåll.....	10
4.4.2 Metod/Angreppssätt .....	10
4.4.3 Leverans .....	10
4.4.4 Resultat .....	11
<b>5 Mål .....</b>	<b>11</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>11</b>
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>12</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning.....	12
7.2 Publikationer.....	12
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>12</b>

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner..... 12

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi).

# 1 Sammanfattning

Arbetet som genomförts kan delas in i två områden. Det första handlar om att höja kompetensen hos AstaZero avseende digitala representationer och modeller relevanta för AstaZero, för framtida FFI projekt. Området växer snabbt och AstaZero behöver hålla sig à jour avseende digitala representationer av AstaZero som kunder kommer efterfråga i framtiden. Det andra området avser produktion av digitala kartor över AstaZero i ett format, OpenDRIVE.

Den kunskap som AstaZero byggt upp i detta projekt kommer alla kunder och partners tillgodo. Det kommer i ett första steg bli enklare för AstaZero och dess kunder att representera AstaZero i sina simuleringar och virtuella utvecklingsmiljöer, via användandet av OpenDRIVE-kartor. Detta kommer i nästa steg förenkla arbetet med att validera modeller, beräkningsmetoder, m.m. genom att förenkla jämförelser av tester i simuleringar med tester i verkligheten. Förhoppningsvis kan detta öka tilliten till simulering och virtuell provning och därmed öka den totala mängden provning som kan ske i dessa digitala miljöer. Ett fortsättningsprojekt inom FFI (Simulering och AR/VR-visualisering av AstaZero, diarienummer 2019-05841) där man bygger vidare på kunskap och verktyg utvecklade i detta projekt startar i juni 2020.

I projektet har en extern leverantör anlätits för att skapa högupplösta (HD) kartor över AstaZero och levererat dessa i OpenDRIVE format. Metod och verktyg för att skapa kartor i OpenDRIVE har utvecklats och verifieras emot levererade kartorna. AstaZeros kompetens inom digital provning och vad som krävs för lokalisering av autonoma fordon har höjts och har resulterat i nya forskningsprojekt (VAMLAV, diarienummer 2019-03097) för att ta fram kart- och sensordata för validering inom området och hur denna data kan distribueras.

## 2 Executive summary in English

The project aims to increase AstaZero's expertise in the generation and use of OpenDRIVE maps and other digital representations.

Increase the understanding of the needs of the future when it comes to data sets, formats and new/future methods for validation and testing for ADAS and self-driving vehicles. How this new data and methods can be used for more efficient testing.

Work package 1 Investigated state of the art methods and formats relevant for future virtual -testing, -validation, -development etc for a more efficient work process. This was done through participation in other research projects, conferences and literature reading. Some of the future formats that AstaZero consider to be important is OpenSCENARIO, OpenDRIVE, 3D mesh formats such as .fbx, .obj etc. But above all the importance of the formats being open file formats.

Work package 2 main objective was to create OpenDRIVE maps over AstaZero and 3D point clouds over Super multilane. This was done by contracting suppliers. The newly built and demolished tracks at AstaZero was not included in these OpenDRIVE maps (Confined Loop", "Crossroads", "Construction Road" and "City"). The new tracks were finished to close to the end of this project. The demolished track had no need of a new OpenDRIVE map. Within work package 2 and 3 information was also gathered about how you can make OpenDRIVE maps and 3D point clouds.

Work package 3 delivered methods and self-developed tools/scripts and proof of concepts for how some sensors used at AstaZero can be used to create OpenDRIVE maps, manipulate already existing OpenDRIVE maps, with minimal manual labor. This to be able to scan in temporary environments at AstaZero in to OpenDRIVE map. Because most temporary environments are built with road markings (road lines). Focus lay on creating OpenDRIVE maps from road lines.

Work package 4 investigated what kind of platform AstaZero could have as a sensor data collection platform. Early in the project AstaZero found the task of collecting and distributing datasets bigger than this project, with regards to expertise, access, equipment and distribution. Therefore, more time was spent on creating new collaboration projects that could tackle some of these problems.

Without this project many of the new FFI and Vinnova project AstaZero has today would not be possible. Even more new projects are expected to use some of the results from this project.

### 3 Bakgrund

Digitala representationer av trafikmiljöer är en central komponent för utveckling, provning och verifiering av automatiserade fordon. Dessa representationer används både i olika steg av utveckling och i simulering av automatiserade fordon. Vid utveckling av automatiserade fordon kommer en stor del av träning och provning av fordonens artificiella intelligens (AI) att ske i virtuella eller simulerade miljöer. Dessa miljöer måste kunna representera alla tänkbara trafikmiljöer och trafikscenarier. En förutsättning för effektiv virtuell testning är att kunna ta fram dessa representationer och uppdatera dem utefter det aktuella testscenariots behov.

En annan aspekt är att ett självkörande fordon behöver en referensmodell av de trafikmiljöer den kommer röra sig i för att kunna planera körning och för exakt positionering. Här avses allt från information om kommande svängar och hinder, till kunskap om referensobjekt för inmätning av exakt position. Utan inmätning mot kända referensobjekt kan ett fordon bara känna till sin position med ca 5 meters noggrannhet i de fall endast Global Navigation Satellite Systems (GNSS) används.

High Definition (HD) kartor är ett begrepp som innebär en digital representation/ referensmodell av omvärlden med hög noggrannhet där alla fasta objekt finns representerade och deras position är bestämd ner till cm nivå. Med hjälp av dessa kartor, GNSS och objektidentifiering av referenspunkter kan autonoma fordon navigera och planera sin körning. Problemet med detaljerade kartor är att de väldigt snabbt blir utdaterade. Digitala AstaZero har ämnat undersöka både vilket format som är lämpligt för beskrivning av HD-kartor samt metoder för att ta fram och uppdatera dem.

HD-kartor är generellt sett framtagna med hjälp av flertalet avancerade sensorer kombinerat med Real Time Kinematic (RTK) -kompenserad GNSS. Basen för sensorerna är oftast en lidar (Light Detection and Ranging) med hög upplösning för att skapa ett detaljerat punktmoln av omgivningen. Detta projekt har undersökt möjligheterna att nyttja ett sådant punktmoln för egen framtagning av kartor. För att kunna behandla punktmoln på ett effektivt sätt behövs någon form av mjukvarubibliotek. Valet har fallit på PCL (Point Cloud Library, <http://pointclouds.org/>) som är ett omfattande open source-bibliotek skrivet i C++ med algoritmer för att behandla punktmoln och innehåller bland annat funktioner för filtrering och segmentering. PCL introducerar också PCD (Point Cloud Data), ett filformat för att spara punktmolnsdata. I och med det nya filformatet introducerades ett annat verktyg som har varit användbart när det kommer till konvertering mellan format för lidar data har varit biblioteket PDAL (<https://pdal.io/>) (Point Data Abstraction Library) som är ett öppet bibliotek som gör det lättare att byta mellan olika lidar format.

I dagsläget finns ett format som börjar bli etablerat som en defacto-standard. Det heter OpenDRIVE ([www.OpenDRIVE.org](http://www.OpenDRIVE.org)) och är ett XML-baserat logiskt format för beskrivning av vägnät som har en helt öppen specifikation som gör det till ett tillgängligt format. OpenDRIVE kan beskriva alla komponenter som krävs för ett vägnät; position och höjd, filbredd, linjemarkeringar, trafikljus, järnvägs korsningar, korsningar, parkeringar, tunnlar etc. OpenDRIVE kommer vara basen för Digitala AstaZero och projektet ämnar beskriva samtliga testmiljöer på anläggningen i OpenDRIVE.

OpenDRIVE underhålls och uppdateras kontinuerligt av ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems, <https://www.asam.net/>) vilket gör att det hela tiden införs ny funktionalitet. I detta projekt är OpenDRIVE v.1.4 undersökt vilket stödjer en komplett beskrivning av vägnätet samt objekt såsom byggnader, barriärer, lyktstolpar, träd etc.

Dessa inslag är relevanta för självkörande fordon då de identifieras av t.ex. lidar och används för navigering och positionering. En detaljerad virtuell miljö för utveckling och test av självkörande fordon kräver dessa objekt för utveckling och test av sensorer och algoritmer.

Specifikt används OpenDRIVE som grundstenen för uppbyggnad av trafikmiljöer i trafiksimulatorer och för virtuella provningsmiljöer. Fler och fler leverantörer av simuleringsmjukvara implementerar stöd för OpenDRIVE vilket ger goda förutsättningar för att formatet ska få stort genomslag. Även om OpenDRIVE är relativt moget så är nästa steg, beskrivning av övriga inslag i trafikmiljön, mer under utveckling.

Detta projekt har adresserat några av både möjligheterna och utmaningarna och totalt sett höjt AstaZeros förmåga att stödja forskning, utveckling och verifiering av sensorsystem och självkörandefunktionalitet genom att tillhandahålla rätt digitala representationer av AstaZero. I ett första steg har projektet tagit fram OpenDRIVE-filer över testanläggningen samt ökad kunskap om arbetssätt, verktyg och format.

Omvärlden är också på väg åt det här hållet. Vissa klassiska testbanemiljöer som t.ex. Nürburgring finns beskrivna på specifika fordonsdynamiska simuleringsformat. American Center for Mobility, en

amerikansk provbana under uppförande, är redan representerad i ett specifikt format i simuleringsverktyget PreScan. När det gäller generiska datasets finns näraliggande exempel på generiska scenariodatabaser i Tyskland och på frågorna AstaZero får om generiska datasets märks att diskussion om sådana förs på flera håll.

En kvalitetsssäkrad testbäddsidestisk virtuell miljö, i ett öppet standardformat som fungerar för många tillämpningar, är ett naturligt nästa steg inom AstaZeros förmåga att stödja forskning och utveckling för det svenska fordonsklustret och akademien.

## 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Digitala AstaZero har ämnat höja kompetensen inom digitala representationer och verifiering av lokaliseringssystem för autonoma fordon samt öka förmågan för AstaZero att bistå forskning och den svenska fordonsindustrin. Genom att ha tillförlitliga digitala kartor över AstaZeros testanläggning som snabbt kan uppdateras ges en möjlighet till virtuell testning följt av verklig verifiering.

### 4.1 AP1 State of the Art digitala representationer

#### 4.1.1 Arbetspaket 1 innehåll

I detta arbetspaket har skapats en bas gällande kunskap om existerande och kommande digitala representationer av trafikmiljöer samt tillhörande processer/metoder relevanta för drift, utveckling, verifiering och validering av autonoma fordon.

#### 4.1.2 Metod/Angreppssätt

Arbetet har skett genom inläsning av och faktainsamling, samt workshops med valda leverantörer/samarbetspartners.

#### 4.1.3 Leverans

Leveranserna från arbetspaketet är

- Aktuella och kommande metoder för utveckling och verifiering av automatiserade fordon som kräver en digital representation av aktuell trafikmiljö
- Format, verktyg, leverantörer och samarbetspartners relevanta för framtida framtagning och forskning kring digitala representationer av AstaZero, både existerande och tillfälliga miljöer
- Underlag till nya FFI projekt

Milstolpe	Beskrivning	Datum
M1	Utredning av aktuella och kommande digitala format, metoder och processer.	Dec 2018

#### 4.1.4 Resultat

Det finns många olika sätt att representera en miljö digitalt idag. Vi har inom detta projekt fokuserat på OpenDRIVE som är ett av de format från "Association for Standardization of Automation and Measuring Systems" (ASAM) som idag används för att beskriva den statiska miljön för simuleringsmjukvaror. Fördelen är att detta format också fungerar för att göra HD-kartor, vilket ökar användningsområdet eftersom kartorna kan användas för positionering och validering av andra sensorer.

AstaZero har uppmärksammat att under de senaste åren har OpenDRIVE etablerat sig mer på marknaden. Flera simuleringsmjukvaror stödjer formatet för att bland annat beskriva simulerat trafikflöde och automatisk generering av 3D-miljöer från OpenDRIVE-kartor.

Utöver OpenDRIVE-formatet har ASAM också ett förslag till format för att digitalt beskriva ett trafikscenari, kallat OpenSCENARIO, som ser ut att bli en viktig del för att förklara och automatisera test i framtiden. AstaZero anser att detta blir ett viktigt format för internt bruk men också en möjlighet för externa kunder att kunna leverera filer som är kompatibla med AstaZeros framtida system.

I vidare undersökningar av andra digitala format av intresse har utgångspunkten varit att prioritera öppna format, eller format med Software Development kit (SDK) som gör det möjligt att enkelt arbeta med formaten. Detta baseras på följande grunder:

- Undvika distributions- och ägandefrågor
- Undvika särbehandling av företag och format
- Lättare att arbeta vidare med och utveckla mot
- Enklare för AstaZero att göra förändringar samt uppdatera
- Utnyttja den intressegrupp som ofta finns runt öppna format
- Minska arbetsbelastningen genom ett förenklat arbets sätt

Andra format som har uppmärksammats är 3D-meshformat så som .obj, .fbx etc. eftersom OpenDRIVE-kartor ofta används för 3D-modellering (OpenDRIVE-kartorna översätts till t. ex. .fbx) för att de skall synas i simuleringsmjukvaran. Hur fordonen sedan kör förhåller sig ofta till OpenDRIVE-kartan i form av höger/vänster fil, var kan man köra i 3D-miljön etc. Därför blir automatisk generering av 3D-meshade objekt intressant för framtida format, framförallt för objekt som inte finns beskrivna i OpenDRIVE, t. ex alla dynamiska objekt.

AstaZero har hittat två leverantörer i Europa som kan leverera OpenDRIVE-kartor. Dessa är *3d-Mapping* och *Atlatic*.

Det första verktyget för visualisering av OpenDRIVE-filer var ett öppet verktyg som fortfarande finns fritt att ladda ned från OpenDRIVEs hemsida. Men senare under projektets gång fann AstaZero ett verktyg med väldigt hög potential när det kommer till visualisering, 3D-generering och manipulering/skapande av helt nya OpenDRIVE kartor, nämligen "VectorZeros" program "Road Runner".

Det finns fler sätt att representera AstaZero utöver dessa format. AstaZero kan också beskrivas digitalt i form av inmätningar av AstaZero med diverse olika sensorer så som lidar, kamera, radar samt andra sensorer. Denna sorts data kan komma att bli en viktig del i framtiden för att kunna validera system som är beroende av sensorinformation, speciellt med den fördel AstaZero har i att det är en fysisk avskild plats med kontinuitet när det kommer till den fysiska miljön. Det är ett av skälen till projektet VAMLAV (Validering av Kart Generering och Lokalisering för Autonoma Fordon, Diarienummer 2019-03097). Det är tänkt att samla in sensordata över Rural Road på AstaZero och använda sig av OpenDRIVE-kartor framtagna från detta FFI projekt för att visa på att dessa kartor kan ha dubbel användning och är öppna vilket underlättar flera partners användande. Utöver VAMLAV kommer också FFI projektet Simulering och AR/VR-visualisering av AstaZero, Diarienummer: 2019-05841 att direkt använda resultat från detta projekt.

Utöver dessa format har en mindre undersökning av simulerad data gjorts. Med detta menas t.ex. bilder av en rent simulerad 3D-miljö i en viss upplösning eller lidar-moln baserade på en sensormodell från en simulerad miljö. Denna sorts data kan komma att i framtiden byta ut delar av de tränings-, validerings- och testdataset som används inom maskininläring för till exempel objektigenkänning eller andra maskininläring system som kräver stora dataset.

Idag används metoder såsom GAN (Generative Adversarial Network) eller liknande för att vidga de redan existerade dataseten. Med hjälp av GAN kan man lägga på syntetiska data på verkliga data för att få en större datamängd till maskininläringssystemen. Med ökad processorkraft, kraftigare grafik och bättre sensormodeller ökar möjligheten att skapa rent syntetiska data för att till viss del träna modeller.

Användandet av simulerade data öppnar möjligheter när det kommer till validering eller få system att aktivera och/eller trigga. Med hjälp av rent simulerade data kan detta mycket väl vara möjligt vilket gör det lättare att testa system virtuellt innan verklig körning på väg sker.

## 4.2 AP2 AstaZero i OpenDRIVE format

### 4.2.1 Arbetspaket 2 innehåll

OpenDRIVE är ett etablerat format för beskrivning av vägnät. Alla relevanta komponenter för att beskriva en väg och dess korsningar finns med, från linjemarkeringar till trafikljus.

Detta format används idag som grunddata i köringsimulatorer och virtuell provning för att bygga upp en vägmiljö. För validering av simuleringar är det nödvändigt att köra både simulerat och i verkligheten. Genom OpenDRIVE-beskrivningar av AstaZero kan ett trafikscenario köras först i t ex en simulering av testbanan Multilane, och sedan "på riktigt" på AstaZero för validering. Detta arbetspaket har producerat OpenDRIVE filer för alla AstaZero-miljöer.

### 4.2.2 Metod/angreppssätt

För att ta fram OpenDRIVE filer krävs en kombination av noggranna positions- och geometrimätningar. AstaZero har tagit hjälp av en leverantör för att genomföra dessa mätningar och skapa OpenDRIVE filer.

### 4.2.3 Leverans

Leveranserna för arbetspaket 2 var

- Punktmoln för nya Super Multilane
- OpenDRIVE-filer tillgängliga för samtliga miljöer på AstaZero

Milstolpe	Beskrivning		Datum
M2	Punktmoln för Super Multilane och OpenDRIVE kartor tillgängliga för alla AstaZeros fasta miljöer		Dec 2018

### 4.2.4 Resultat

Sedan tidigare finns högupplösta punktmoln över AstaZero levererade av WSP. De anlitas återigen för att komplettera punktmolnen med den nya testbanan "Super Multilane". Detta är högupplösta punktmoln skapade med en georefererad lidar och kamera.

För att garantera en digital representation över AstaZero med högsta möjliga noggrannhet har en extern leverantör som specialiserat sig på att ta fram HD-kartor i OpenDRIVE-format tagits in för att utföra tillförlitliga mätningar och skapa de detaljerade kartor som behövs, här valdes efter upphandling 3D-Mapping. Företaget har lång erfarenhet av denna typ av jobb och har nu levererat kartor över samtliga fasta miljöer på AstaZero utom "City" då denna rivits för att senare ersättas, samt de nya banorna "Confined Loop", "Crossroads" och "Construction Road" som inte fanns vid projektets början. Dessa kartor är HD-kartor och kan därför användas för positionering i t.ex. autonoma fordon, en mycket viktig del i verifiering av autonoma system. De kommer också användas som bas för att verifiera de metoder som används i AP3 för tillfälliga miljöer genom att kontrollera så att metoderna utvecklade där ger samma resultat som dessa, t.ex. genom att kontrollera så att de båda kartorna överlappar där det finns fasta element.

## 4.3 AP3 OpenDRIVE för tillfälliga miljöer

### 4.3.1 Arbetspaket 3 innehåll

- AstaZero kan skapa tillfälliga trafikmiljöer, t ex en rondell på High Speed Area, och sannolikt kommer stadsmiljön i framtiden byggas om till ett modulärt koncept där staden kan "byggas om". För dessa situationer kommer OpenDRIVE krävas.
- Detta arbetspaket kommer utveckla en metod och utrustning för att snabbt kunna ta fram OpenDRIVE filer för tillfälliga trafikmiljöer.



### 4.3.2 Metod/Angreppssätt

Generering av OpenDRIVE kartor sker idag i två grova steg; inmätning/skanning av området och därefter identifiering av objekt. Andra steget inkluderar idag vissa manuella steg. Detta arbetspaket har arbetat med att minimera dessa manuella steg samt effektiviseringsåtgärder i hela arbetsflödet.

### 4.3.3 Leverans

Arbetspaketet har levererat metod och utrustning för generering av OpenDRIVE-filer för tillfälliga miljöer på AZ.

Milstolpe	Beskrivning	Datum
M3	Process och verktyg klara för generering av OpenDRIVE kartor för tillfälliga miljöer på AstaZero	Mars 2019

### 4.3.4 Resultat

För att AstaZero enkelt ska kunna ta fram OpenDRIVE-kartor för tillfälliga miljöer har ett program utvecklats som skapar xml-strukturen som OpenDRIVE använder sig av. Programmet är utvecklat i Python och bygger på att en lista av punkter/koordinater som representerar vägmarkeringar matas in som en fil. För att maximera användningen av programmet stödjer det flera filformat och kan enkelt expanderas till att stödja ännu fler. Huvudsyftet med programmet är att läsa in en eller flera PCD-filer (Point Cloud Data) med koordinater till punkter som representerar vägmarkeringar. Det antas att varje fil innehåller en vägmarkering. Sedan räknar programmet ut vilken av filerna som representerar mittenlinjen och väljer denna som referenslinje för vägmodellen. Eftersom detta är tusentals punkter filtreras dessa och anpassas mot de olika polynom-typerna som OpenDRIVE stödjer. För att garantera att polynomen representerar de uppmätta punkterna med tillräckligt hög noggrannhet itererar programmet så att kurvängden blir så lång som möjligt samtidigt som standardavvikelsen mellan polynom och mätpunkter är mindre än ett valbart tröskelvärde. När tröskelvärdet överskrids börjar programmet om på ett nytt kurvsegment och fortsätter på det viset tills samtliga punkter i filerna har inkluderats.

Programmet har även funktion för att skapa OpenDRIVE-filer från OxTS (Oxford Technical Solutions, linjefiler. Eftersom OxTS utrustning används frekvent på AstaZero och linjefiler över testbanorna redan existerar är det en naturlig inkludering i programmet. Det fungerar på samma sätt som för data i PCD-format med skillnaden att dessa filer redovisar punkter i ett georeferenssystem istället för i kartesiska koordinater. Därför måste först koordinaterna transformeras till ett lokalt kartesiskt koordinatsystem för att kunna kombineras med resterande data.

För att få fram PCD filer med linjerna har också ett program i C++ utvecklats för att filtrera fram linjer ur ett komplett punktmoln över AstaZero. Programmet bygger på open source-biblioteket PCL (Point Cloud Library) och grovt förenklat bygger metoden på två steg, först filtreras punktmolnet för att hitta plana ytor så bara vägbanorna blir kvar. Efter detta filtreras allt utom väglinjerna bort genom att jämföra intensiteten på punkterna som finns kvar. Punkterna som representerar linjerna kan sedan sparas som en PCD fil vilket är ett enkelt format att bearbeta i andra program då det kan sparas i ASCII format och enkelt läsas in.

Tillsammans ger dessa program möjligheten att från ett georefererat punktmoln, eller OxTS data, skapa eller lägga till en temporär miljö från AstaZero i OpenDRIVE format. Tillägget i en befintlig OpenDRIVE karta görs genom att förse programmet med den befintliga kartan samt nya punkter, om de inte matchar varandra med tillräckligt hög noggrannhet läggs punkterna till i den redan existerande kartan. Detta gör det enkelt att lägga till t.ex. ett temporärt körfält eller ett objekt i den detaljerade kartan med minimal handpåläggning.

Dessa två program är fristående men gjorda för att användas tillsammans, vilket ger ett modulärt system som kan användas i andra syften eller utökas med annan funktionalitet enklare än om de skulle sitta ihop i ett paket. Däremot kan de med ganska lite arbete kombineras ihop genom att skapa en extra programmodul för att användas som ett program som konverterar punktmoln till xml-fil.

I projektet Kompetensuppbyggnad LIDAR hos AstaZero, Diarienummer 2018-01789, köptes lidar-sensorer av modellerna VLP16 och VLP32C från Velodyne in. En metod för att snabbt kunna göra inskanningar med egen personal har påbörjats som går ut på att kombinera dessa sensorer med en OxTs RT3000 för att få ett punktmoln som är georefererat med hög noggrannhet. RT3000 använder sig av GPS med RTK-kompensation samt högkvalitativ IMU (Inertial Measurement Unit) vilka tillsammans ger en mycket god uppskattning om hur fordonet förflyttat sig. Körs det skapade punktmolnet genom en SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) -algoritm kan en 3D punktmolns representation skapas, från den representationen kan informationen extraheras som behövs för att beskriva miljön i OpenDRIVE-format.

Dessa olika program har gjort att AstaZero implementerat bitar för hela ledet från inskanning till kartgenerering och försökt göra det så autonomt och modullärt som möjligt. Däremot är de ännu inte en färdig produkt utan behöver förbättras ytterligare. I dagsläget saknas t.ex. ett system som upptäcker objekt. Just objektidentifiering i punktmoln är ännu ett relativt outforskat område med lite dokumenterad forskning och algoritmer. AstaZero har flera idéer till lösningar på detta, exempelvis genom att använda en kamera med objektigenkännings algoritmer tillsammans med lidar. Här finns ett "proof of concept" som visar att denna verktygskedja fungerar när de sista problemen är lösta. Det ger då en möjlighet att med väldigt liten handpåläggning skapa egna OpenDRIVE-kartor och georefererade punktmoln. Det kan senare användas i simulering, för att skapa en modell som efterliknar AstaZero, i simuleringsmjukvara. Detta arbete kommer att användas i FFI-projektet Simulering och AR/VR-visualisering av AstaZero.

Förutom objektidentifiering krävs det ett enkelt sätt att garantera att lidar och kamera hamnar inom samma referensram, dvs att deras respektive koordinatsystem är exakt överlappade då ett mycket litet fel i transformationen emellan dem skulle göra kartorna otillförlitliga.

Att ha den här typen av verktygskedja inom AstaZero ger en möjlighet att utefter kundernas behov skapa en digital kopia av en verklig miljö, för att kunna simulera specifika scenarion så lika verkligheten som möjligt.

## 4.4 AP4 Öppen data för AstaZero

### 4.4.1 Arbetspaket 4 innehåll

- Open data är ett koncept som tillämpas av många verksamheter och organisationer. T ex har Göteborg stad data tillgänglig om trafikräkning, nederbörd, vattennivåer mm. AstaZero får ibland förfrågningar om att tillhandahålla data som t ex sensordata från ett trafikscenario.
- Detta arbetspaket kommer att inventera behovet från forskning och industri gällande data som kan göras tillgänglig för forskning, utveckling m.m. för att i ett nästa steg inleda en satsning på öppna data.

### 4.4.2 Metod/Angreppssätt

Arbetet har utförts genom intervjuer och workshops med akademi och industri för att inventera behov. Därefter har utveckling av en strategi för att skapa, underhålla och publicera önskade data skett.

### 4.4.3 Leverans

Leveransen innebär en inventering av data som AstaZero kan publicera som ger mervärde för forskning och produktutveckling.

Strategi för att tillhandahålla denna data.

Milstolpe	Beskrivning	Datum
M4	Kartläggning av datamängder av intresse för akademi och industri klar.	Mars 2019
M5	Strategi för framtagning och publicering av prioriterade datamängder klar.	Juni 2019

#### 4.4.4 Resultat

Med tanke på detta projekts inriktning lades fokus på dataset som behövs inom perceptionssystem (kamera, lidar, radar etc.) med fokus mot maskininlärning. Utöver detta lades också fokus på vilken sorts data AstaZero vill ha för att kunna skapa de 3D-miljöer, kartor etc. som kan behövas över AstaZero i framtiden.

Eftersom detta område är väldigt stort och AstaZero har saknat och fortfarande saknar delar av den utrustning och kompetens som behövs för att dela data, skapades ett nytt projekt, VAMLAV. Det har till syfte att generera ett första specifikt dataset över AstaZero. Vidare har AstaZero medverkat i att skapa Vinnova-ansökan RODL (Road Data Lab) som syftar till att undersöka distribution av dataset, eftersom att skapa ett dataset och sedan distribuera det i sig är två mycket stora områden.

## 5 Mål

Projektet har haft som mål att höja AstaZeros kompetens inom digitala representationer, datamängder och att ta fram fler digitala representationer över testanläggningen och metoder för att enkelt skapa en digital representation över tillfälliga förändringar eller tillägg. Med dessa kartor kan AstaZeros kunder göra virtuella prov innan de kör verklig verifiering på testbanan. Lärdomarna från detta projekt ger också nytt underlag till framtida projekt och forskning inom området.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Digitala AstaZero har resulterat i nya HD OpenDRIVE-kartor över testbanorna, ett kompletterande punktmoln över Super Multilane samt ökad kompetens inom metoder och digitala representationer för test av automatiserade fordon. En metod och verktyg för att skapa digitala kartor har utvecklats som med mer utveckling har stor potential att förenkla skapandet av kartor inom AstaZero.

Fem milstolpar sattes upp för att klara projektets mål och är listade i respektive arbetspaket. Den första milstolpen innefattar AP1. Milstolpe två är leveransen från AP2 och uppfyllde målet. Detsamma gäller för milstolpe 3 som berör AP3.

Milstolpe 4 och 5 faller under AP4 och vid projektets start var målet att identifiera och ta fram datamängder för att göra dessa tillgängliga för industri och forskning. Vi tror oss identifierat ett antal datamängder som är intressanta för industrin och forskning. Men insamling och distribuering av några av dessa datamängder är betydligt mycket mer arbete än vad detta projektet kan uppnå i tid och resurser. Därför kan man argumentera att dessa mål inte kom med i projektets i den grad som kan önskats utan ingår nu istället i nya FFI-projekt tex, VAMLAV.

Utöver dessa milstolpar sattes också följande resultat som man ville uppnå.

- Aktuella och kommande metoder för utveckling och verifiering av automatiserade fordon som kräver en digital representation av aktuell trafikmiljö
- Format, verktyg, leverantörer och samarbetspartners relevanta för framtida framtagning och forskning kring digitala representationer av AstaZero, både existerande och tillfälliga miljöer
- OpenDRIVE-filer tillgängliga för samtliga miljöer på AstaZero
- Punktmoln för nya Super Multilane
- Identifierade datamängder, t ex sensordata, som AstaZero kan ta fram och göra tillgängligt för industri och forskning
- Underlag till nya FFI-projekt

Avseende dessa önskade resultaten anser AstaZero att målen har uppfyllts. Den grund som byggts är väsentlig för redan skapade och framtida forskningsprojekt. Detta är dock ett område under utveckling, som kan ändras med tiden. Därför kan delar så som framtida format, framtida metoder för utveckling och validering, digitala representationer och datamängder som kan vara relevanta för framtiden alltid ändras eller växa med fler format, ny sorts sensordata etc.

## 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	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Kunskap och resultat kommer att användas och vidare utvecklas i VAMLAV projektet och i Simulering och AR/VR-visualisering av AstaZero.

### 7.2 Publikationer

Projektet syftar inte till publicering utan till intern kompetensuppbyggnad samt som bas för fortsatta projekt.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

I projektet har delar av en komplett verktygskedja tagits fram för att scanna in en miljö med lidar och skapa en OpenDRIVE karta utifrån det resulterande punktmolnet. Det är dock inte en färdig produkt utan fortsatt arbete krävs för att integrera allt i en automatisk process. Osäkerheten i mätningarna behöver estimeras noggrant för att garantera kartans validitet. Ett intressant fortsatt forskningsområde är att hitta objekt i punktmoln utan att använda kamera, det skulle göra att det räckte med en lidar för att scanna in en miljö komplett med vägnät och närliggande objekt. Ytterligare än utvidgning av detta skulle vara en process där en lidar sätts på en bil som kan köra på en väg och direkt efter körningen få ut en karta i OpenDRIVE.

Relaterat till objektidentifiering i punktmoln är också undersökning av möjligheten att träna en AI på syntetisk/simulerad data, kan man generera träningsdata från simuleringsprogram skulle det drastiskt sänka kostnaden för att träna sin AI. Det skulle också vara möjligt att träna den på en betydligt större mängd data än om man är tvungen att samla in reella data då detta är mycket tidsödande, framförallt att "tagga", etikettera, all data. Dvs. att tala om för AI:n vad som är vad i dataseten. Framförallt skulle detta vara en stor vinst för identifiering i punktmoln då det finns få öppna dataset för detta att tillgå.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Eftersom detta projekt syftar till kompetensuppbyggnad hos AstaZero finns inga andra deltagande parter. Från AstaZero har Adam Eriksson varit ansvarig projektledare. Oscar Johansson har byggt delar av de utvecklade systemen.

Namn	Roll	Kontaktuppgifter
Monica Ringvik	CTO	<a href="mailto:monica.ringvik@astazero.com">monica.ringvik@astazero.com</a>
Adam Eriksson	Projektledare/Utvecklare	<a href="mailto:adam.eriksson@astazero.com">adam.eriksson@astazero.com</a>
Oscar Johansson	Utvecklare	<a href="mailto:oscar.johansson@astazero.com">oscar.johansson@astazero.com</a>